

Ingen effekt af stigende mængde L-carnitin til diegivende søer på antal fravænnede grise pr. kuld og daglig kuldtilvækst

Thomas Sønderby Bruun^a, Anja Varmløse Strathe^b, Christina Larsen^b og Jeanett Snitgaard Pelck^c

^a Ernæring & Fodring, Gris, Husdyr, SEGES Innovation P/S, Den rullende Afprøvning

^b Institut for Veterinær- og Husdyrvidenskab, Københavns Universitet

^c Statistik og Analyser, Husdyr, SEGES Innovation P/S, Den rullende Afprøvning

STØTTET AF

Svineafgiftsfonden

Hovedkonklusion

Tilsætning af 200-1.000 mg L-carnitin pr. kg diegivningsfoder, som blev anvendt fra 5 dage før faring og frem til fravænning, øgede ikke antallet af fravænnede pr. fravænning eller den daglige kuldtilvækst, men en dosering på godt 400 mg pr. kg reducerede søernes vægttab med 3,7 kg sammenlignet med foder uden tilsat L-carnitin.

Sammendrag

L-carnitin bruges i begrænset omfang som tilsætningsstof til sofoder i Danmark. L-carnitin er essentielt for kroppens energistofskifte, og kan have indflydelse på både fødselsvægt, yverudvikling og mælkeproduktion. Derfor er det i en afprøvning undersøgt, om tilsætning af stigende mængder L-carnitin til diegivningsfoderet fra indsættelse i farestalden fra ca. 5 dage før forventet faring og frem til fravænning kunne øge antallet af fravænnede grise pr. fravænning og den daglige kuldtilvækst.

Afprøvningen blev gennemført i en besætning med løsgående diegivende søer og der indgik i alt 239 søer, som i den forudgående diegivningsperiode havde fravænnet mere end 10 grise pr. fravænning. Der indgik i alt 6 forsøgsgrupper, som fik diegivningsfoder med samme råvaresammensætning og næringsstofindhold – med undtagelse af foderets indhold af L-carnitin, som i de 6 grupper var planlagt til at være 0, 200, 400, 600, 800 og 1.000 mg pr. kg foder. Alle søer blev fra standardisering af kullet fodret med en maksimal foderkurve, så foderkurven sikrede en fast øvre grænse for foderoptagelsen. Hvis foderoptagelsen var mindre, blev foderstyrken tilpasset søernes appetit. Ved standardisering blev alle søer kuldudjævnet, så de skulle passe 15 mellemstore og store grise for at maksimere mælkeproduktionen hos soen.

Analyser af foderet viste, at de planlagte koncentrationer af L-carnitin fra 0-1.000 mg pr. kg stort set var opfyldt i alle grupper. Tilsætningen af L-carnitin havde uanset dosis ingen effekt på antallet af fravænnede pr. fravæanning (gennemsnitligt 13,6 fravænnede grise pr. fravæanning) eller den daglige kuldtilvækst (gennemsnitligt 3,1 kg pr. diegivningsdag). Søernes væggtab var lavest, når diegivningsfoderet indeholdt 436 mg L-carnitin pr. kg foder. Dette tilskrives, at L-carnitin har øget foderudnyttelsen ved at påvirke udnyttelsen af protein og stimuleret udskillelsen af IGF-1, som bidrager til optimeret udnyttelse af næringsstoffer fra foderet og derved reducerer behovet for mobilisering. Væggttabet var 12,7 kg for søer i kontrolgruppen uden tilsat L-carnitin og 9,0 kg ved en dosis af L-carnitin på 436 mg pr. kg foder. L-carnitin påvirkede ikke målbart søernes mobilisering af rygspæk.

Baseret på afprøvningens resultater bør L-carnitin ikke tilsættes til diegivningsfoderet med forventning om øget mælkeproduktion eller at opnå flere fravænnede grise pr. fravæanning. En gennemgang af litteraturen peger på et potentiale i forhold til kuldstørrelse, fødselsvægt og kuldtilvækst, og dette vil sandsynligvis være størst ved anvendelse af L-carnitin fra ca. 4 uger efter løbning og helt frem til faring, eventuelt suppleret med tildeling i diegivningsperioden for at opnå et lavere væggtab i diegivningsperioden, og dermed potentielt spare drægtighedsfoder til reetablering af væggtabet.

Baggrund

L-carnitin har en central rolle i kroppens energistofskifte, da det er essentielt for transporten af langkædede fedtsyrer ind i mitokondrierne. Her indgår de langkædede fedtsyrer i β -oxidation og bliver til energi i form af ATP dannet ud fra NADH og FADH₂ (Ringseis et al., 2018). Grise danner selv L-carnitin og derudover kan det også tilsættes foderet. Grisenes egenproduktion af L-carnitin sker på baggrund af aminosyrerne lysin og methionin. Lysin er den kemiske rygrad i L-carnitin, og dannelsen sker med hjælp fra flere co-faktorer, som er jern, vitamin C (askorbinsyre), vitamin B6 (pyridoxin) og vitamin B3 (niacin). Evnen til at syntetisere L-carnitin er derfor afhængig af dyrets status for alle disse co-faktorer (Ringseis et al., 2018). Når L-carnitin tilsættes foderet vil der typisk opnås et lavere niveau af ikke-esterificerede fedtsyrer i dyrets blod (Woodworth et al., 2007), fordi de frie fedtsyrer i øget grad indgår i dyrets energistofskifte og dermed bidrager til en bedre udnyttelse af fedtsyrer og potentielt en samtidig besparelse af glukose i energistofskiftet.

Der er gennemført adskillige forsøg med tilsætning af L-carnitin til sofoder i udvalgte perioder eller i hele soens cyklus (Musser et al., 1999; Eder et al., 2001; Ramanau et al., 2004; Birkenfeld et al., 2006a; Birkenfeld et al., 2006b; Doberenz et al., 2006; Woodworth et al., 2007; Brown et al., 2008; Real et al., 2008; Rooney et al., 2019; Rooney et al., 2020). De eksisterende forsøg er reviewet to gange i henholdsvis 2009 og 2018 (Eder, 2009; Ringseis et al., 2018). Konklusionerne var, at L-carnitin kan bidrage med øget kuldstørrelse og fødselsvægt for den enkelte gris og/eller for kullet (Eder, 2009; Ringseis et al., 2018). Desuden kan L-carnitin bidrage til en øget mælkeproduktion hos soen som følge af øget dieaktivitet hos soen (Eder, 2009). Det kan være et resultat af, at der lægges mere mælk ned ved hver diegivning, men den underliggende årsag er ikke kendt. L-carnitin overføres effektivt via soens mælk (Birkenfeld et al., 2006a), og bidrager til at forbedre energistatus hos nyfødte grise (Birkenfeld et al., 2006a). Årsagen til dette er, at flere fedtsyrer indgår i energistofskiftet via β -oxidation (Ode et al., 1995), hvorved der spares glukose som energikilde. Det er en stor fordel for den nyfødte gris, da glukose er en knap resurse i de første dage på grund af de meget små medfødte lagre af glykogen (Theil et al., 2014).

L-carnitin påvirker koncentrationen af hormonet insulin-like growth faktor 1 (IGF-1) i midt-drægtighed (Birkenfeld et al., 2006a; Woodworth et al., 2007; Brown et al., 2008), men det er dog ikke alle forsøg, der har fundet en sammenhæng mellem tilsat L-carnitin på koncentrationen af IGF-1 (Waylan et al., 2005). IGF-1 hormonet er under drægtigheden vigtig i forhold til udviklingen af moderkagen, og dette

kan stimuleres indirekte ved brug af L-carnitin (Brown et al., 2008). Den største effekt af tilsætning af L-carnitin opnås i midt-drægtighed (Musser et al., 1999; Birkenfeld et al., 2006a; Doberenz et al., 2006), hvor moderkagerne udvikles (Langendijk et al., 2023; Lyderik et al., 2023). Doberenz et al. (2006) konstaterede i et forsøg, at fosterdelen af moderkagen (chorion) var 22 % tungere og indeholdt 45 % mere protein, når søerne fik 125 mg L-carnitin pr. dag gennem hele drægtighedsperioden. Ændringerne i IGF-1 kan dermed bidrage til en øget fødselsvægt (Brown et al., 2008), idet studier med højproduktive søer også viser, at der er en positiv korrelation mellem areal/vægt af moderkagen og fostrenes vægt i midt-drægtighed (Lyderik et al., 2023). Samtidig viser forskning, at koncentrationen af IGF-1 hen over døgnet vil være numerisk højere for søer, som får 50 mg L-carnitin pr. kg foder sammenlignet med kontrolsøer uden tilsat L-carnitin i foderet (Woodworth et al., 2007). Den positive effekt, L-carnitin har på IGF-1, begrænser sig imidlertid ikke til at påvirke moderkage og fostre. IGF-1 har samme positive effekt på dannelse af yvervæv i perioden 90-110 dage efter løbning – et højere niveau af cirkulerende IGF-1 har i forsøg vist sig at kunne øge væksten af yveret med ca. 22 % (Theil et al., 2022). Hvis L-carnitin kun tilsættes i diegivningsfoderet og ikke til foderet i hele cyklus, opnås en betydelig besparelse pr. årssø. Det vil være relevant at få afklaret, om en tilsætning 4-6 dage før faring er tilstrækkeligt til at stimulere væksten af yveret, idet andre undersøgelser viser, at kort tids påvirkning af yveret med f.eks. protein de sidste dage før faring kan øge mælkeproduktionen (Johannsen et al., 2024). En bedre yvervækst vil udtrykkes i en højere efterfølgende mælkeproduktion. Det er også væsentligt at opnå mere viden om doseringen, hvis L-carnitin kun anvendes til diegivende søer fra indsættelse i farestalden og frem til fravænning.

Foderblandinger bestående af korn og sojaskrå har et meget lavt naturligt indhold af L-carnitin, da L-carnitin kommer fra animalske fodermidler. Med disse foderblandinger vil søernes egen syntese af L-carnitin være en begrænsende faktor (Ringseis et al., 2018). Et interessant review satte i 2014 spørgsmålstegn ved, om cellernes mitokondrier skulle mere i fokus i forhold til at understøtte og forbedre søers produktivitet og holdbarhed. En stigende produktivitet hos søerne kræver mere energi, og denne energi genereres i mitokondrierne, men samtidig dannes en øget mængde affaldsstoffer, som bidrager til at øge forekomsten af oxidativt stress. I den sammenhæng nævnes, at niveauet af L-carnitin falder med stigende alder på soen og at dette kan påvirke henfald af mitokondrier. L-carnitin fra foderet kan bidrage til en bedre cellemembran i mitokondrierne, med øget antioxidantkapacitet og dermed samlet øge mitokondriernes kapacitet til at generere energi og samtidig effektivt fjerne affaldsstoffer (Lapointe, 2014).

De fleste forsøg med tilsætning af L-Carnitin til sofoder er af ældre dato, hvor søerne havde en markant lavere kuldstørrelse og lavere foderoptagelse end der ses i Danmark i dag. Tilsætningen af L-carnitin varierer typisk fra 50-500 mg pr. kg foder. Den danske grisebranche har et mål om at øge pattegriseoverlevelsen og her kan ernæringen af soen potentielt bidrage til øget overlevelse, men også til mere robuste grise ved fravænning.

Formålet med denne afprøvning var at dokumentere, om tilsætning af L-carnitin til sofoder, hvor alle andre næringsstoffer opfyldte gældende danske normer, fra indsættelse i farestalden og frem til fravænning kunne øge soens mælkeproduktion samt om effekten var dosis-afhængig. Målet var samtidig at fastlægge den dosering af L-carnitin, som maksimerede henholdsvis antallet af fravænnede grise pr. fravænning og den gennemsnitlige daglige kuldtilvækst, som udtryk for soens mælkeproduktion.

Materialer og metoder

Besætning

Afprøvningen blev gennemført i én sobesætning med cirka 1.600 årssøer. I drægtighedsstalden var søerne opstaldet i stabile grupper og fodret via elektronisk sofodringssystem (ESF). Farestaldene var indrettet med stier på 2,4 × 2,4 m, designet til løsgående diegivende søer. Beskyttelsesbøjler blev anvendt omkring faring (fra 2-3 dage før forventet faring til 2-3 dage efter faring) for at sikre pattegrisene imod ihjellægning. Pattegrisehulen, som var placeret i det ene hjørne af stien ud mod gangen, målte 110 × 94 cm (0,74 m²) og var udstyret med en varmelampe (Aniheater, 150W/75E). Varmelampen blev anvendt fra faring og indtil cirka 3 uger efter faring.

Søerne blev flyttet til farestalden cirka 5 dage før forventet faring og fik diegivningsfoder fra indsættelsestidspunktet. Fodringen skete via et Spotmix-anlæg, som sikrede individuel afvejning og opblanding af tørfoderet, og foderet blev udfodret til hver enkelt so ved hjælp af lufttryk. Over hvert fodernedfaldsrør var der monteret en cyklon, hvilket muliggjorde tør udfodring uden overtryk og støv i krybben. Alle søer havde adgang til vand via drikkenippel i truget.

Grupper

Afprøvningen omfattede 6 forsøgsgrupper. Kun søer, der kom direkte fra drægtighedsstalden og ikke fra sygestier, blev inkluderet i afprøvningen. Udvælgelsen af søer blev foretaget af en tekniker fra SEGES Innovation og baserede sig udelukkende på kuldnummer og forventet faringsdato. Der var også et krav om, at søer i det seneste kuld havde fravænnnet mere end 10 grise. Udvælgelsen omfattede kun 1.-5. kuldssøer, og disse blev udvalgt tilfældigt i blokke á 6 søer med samme kuldnummer. Der indgik 18 søer pr. uge og dermed 3 søer pr. gruppe pr. uge. Dermed indgik en so pr. blok pr. gruppe, hvilket sikrede, at det gennemsnitlige kuldnummer var relativt ens i grupperne, selvom der blev udtaget søer i forsøget.

Standardisering af kuld

Standardisering skete efter, at alle grise havde fået råmælk, men var afsluttet indenfor 24 timer efter, at faringen var afsluttet. Strategien for kuldudjævning var, at soen skulle passe så mange egne grise som muligt, men det var tilladt at sætte grise til soen fra en so, som ikke indgik i forsøget, for at opnå et kuld med en ensartet vægt. Alle søerne blev standardiseret, så de skulle passe 15 mellemstore eller store grise (1,31 ± 0,18 kg). Kun mellemstore og store grise indgik, fordi de stimulerer søerne til at maksimere mælkeproduktionen (King et al., 1997; King, 2000; Vadmand et al., 2015). Når mælkeproduktionen stimuleres mest muligt, vurderes det, at en potentiel effekt af behandlingen bedst ses. Når kuldet var standardiseret, måtte der ikke flyttes grise mellem kuldene frem til fravænnning og fraflytning af grise måtte kun ske, hvis det blev vurderet, at fraflytning var nødvendig af hensyn til den enkelte gris' overlevelse eller trivsel.

Foderblandinger og fodring

Fra indsættelse i farestalden fik søerne forsøgsfoderet beregnet til den gruppe, de var udvalgt til. Foderrecepterne var formuleret, så søerne i gruppe 1 fik besætningens normale diegivningsfoder, som ikke var tilsat L-carnitin. Søerne i gruppe 2-6 fik stigende mængder L-carnitin, så doseringen blev øget fra 200 mg pr. kg i gruppe 2 til 1.000 mg pr. kg i gruppe 6 (Tabel 1). De 6 foderblandinger var optimeret, så de alle havde samme råvaresammensætning, energiindhold og indhold af fordøjelige aminosyrer, vitaminer, mikro- og makromineraler. Vitamin C er en co-faktor i forbindelse med dannelsen af L-carnitin i kroppen. Der findes dog ingen norm for vitamin C i grisefoder og i praksis tilsættes det ikke. For at afspejle de praktiske forhold, er der ikke tilsat vitamin C til foderet i denne afprøvning. Det eneste, der adskilte blandingerne, var dermed indholdet af L-carnitin. Nutrimin leverede de 2 mineralske foderblandinger, der blev anvendt i afprøvningen, og den mineralske foderblanding indeholdende L-

carnitin blev produceret 2 gange i løbet af afprøvningsperioden. Kilden til L-carnitin (L-carnitine 50 %) blev leveret af Orffa Additives B.V.

Tabel 1. Oversigt over sammensætning af diegivningsfoderet til de 6 forsøgsgrupper. Der blev anvendt 2 forskellige mineralske foderblandinger, som bortset fra indholdet af L-carnitin var ens i forhold til indhold af vitaminer, mikro- og makromineraler og tilsætningsstoffer.

	Gruppe					
	1	2	3	4	5	6
Råvarer, %						
Byg	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
Hvede	24,91	24,91	24,91	24,91	24,91	24,91
Majs	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Sojaskrå	19,29	19,29	19,29	19,29	19,29	19,29
Sojaolie	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20
Halmpiller ¹	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Mineralsk foderblanding (kontrol) ²	4,60	3,70	2,80	1,90	1,00	0,00
Mineralsk foderblanding (L-carnitin) ^{2,3}	0,00	0,90	1,80	2,70	3,60	4,60
Beregnet indhold						
Energi, FEso pr. 100 kg	106,1	106,1	106,1	106,1	106,1	106,1
Calcium, g pr. FEso	7,78	7,78	7,78	7,78	7,78	7,78
Ford. fosfor, g pr. FEso	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31
L-carnitin, mg pr. kg	0	200	400	600	800	1000
Beregnet protein- og aminosyreindhold, g fordøjeligt pr. FEso						
Ford. råprotein	122,00	122,00	122,00	122,00	122,00	122,00
Ford. lysin	8,06	8,06	8,06	8,06	8,06	8,06
Ford. methionin	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45
Ford. cystin	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06
Ford. methionin + cystin	4,51	4,51	4,51	4,51	4,51	4,51
Ford. treonin	5,05	5,05	5,05	5,05	5,05	5,05
Ford. tryptofan	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62
Ford. isoleucin	4,81	4,81	4,81	4,81	4,81	4,81
Ford. leucin	9,22	9,22	9,22	9,22	9,22	9,22
Ford. histidin	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08
Ford. fenylalanin	5,95	5,95	5,95	5,95	5,95	5,95
Ford. tyrosin	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12
Ford. valin	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92

¹ Besætningen anvendte varmebehandlede halmpiller som fiberkilde.

² De mineralske foderblandinger bidrog med et indhold af følgende tilsætningsstoffer pr. kg foder: 81,27 mg jern fra FeSO₄, 81,27 mg jern fra jernfumerat, 5,42 mg pyridoxin, 86,68 mg niacin, 388 mg betainhydroclorid, 51 mg antioxidant, 30,7 mg Bacillus subtilis C-3102 (Calsporin, Orffa), 1022 mg Mycosorb (Alltech), 102 mg bentonit, 3707 mg diatomejord og 716 FTU fytase (Natuphos E, BASF Animal Nutrition).

³ L-carnitin (L-Carnitine 50 %, Orffa Additives B.V., Breda, The Netherlands).

Alle søer blev fodret ud fra samme faste foderkurve (Appendiks 1), og foderstyrken blev med udgangspunkt i foderkurven justeret individuelt ved at anvende procentjustering. For at undgå, at enkelte søer eller grupper fik en højere foderstyrke end andre, var det på forhånd besluttet, at ingen søer måtte tildeles mere end 100 % af den fastlagte foderkurve, omvendt måtte foderstyrken frit nedjusteres ved søer, der havde en dårligere appetit i en eller flere dage. Søerne blev fodret 3 gange pr. dag, kl. 06.30 (06.30-08.30), kl. 12.15 (12.15-14.15) og kl. 19.30 (19.30-21.30) fra indsættelse i farestalden og frem til faring. Fra faringen var afsluttet og i resten af diegivningsperioden, blev søerne fodret 4 gange pr. døgn. Den ekstra fodring skete kl. 16.00 (16.00-18.00). Den individuelle fodring med Spotmix tog ca. 2 timer for hver udfodring, og derfor er der angivet tidsrummet for udfodringen i parentes. De enkelte søer blev dog fodret omtrent samtidig i hvert af disse tidsintervaller.

Alle pattegrise blev fodret med samme indkøbte foderblanding fra de var 4 dage gamle, og mængden blev i løbet af diegivningsperioden øget efter besætningens normale procedurer. Til en start blev pattegrisene fodret én gang dagligt, og efterhånden som foderoptagelsen steg blev antallet af daglige fodringer øget til 4. Foderet blev tildelt på gulvet i pattegrisehulen.

Udtagning og analyse af foderprøver

Ved afprøvningens opstart blev der udtaget foderprøver de første 4 uger fra gruppe 1, 2 og 6. Disse blev analyseret for at kontrollere, at L-carnitin indgik med rette dosering til gruppe 2 og 6, og at det ikke indgik i foderet til gruppe 1. Disse prøver var til intern kvalitetssikring, og indgik ikke i samleprøver af foder fra gruppe 1-6.

Afprøvningsperioden omfattede 18 ugehold, og der blev for alle grupper udtaget i alt 7 stk. foderprøver i løbet af perioden. Prøverne blev udtaget ved en foderventil ved, at der blev opblandet og udfodret 6 kg af hver enkelt foderblanding. Prøverne blev altid udtaget, så der i en uge blev udtaget prøver af foderet til gruppe 1, 3 og 5, mens der den efterfølgende uge blev udtaget prøver af gruppe, 2, 4 og 6. Dermed var der indenfor 14 dage udtaget prøve af alle 6 foderblandinger. Den udtagne prøve blev neddelt efter Theory of Sampling-principperne (Esbensen et al., 2002, 2003; Petersen et al., 2005) til én delprøve á ca. 1 kg ved hjælp af en neddeler med 34 spalter (Pfeuffer GmbH, Kitzingen, Tyskland). Alle prøverne blev udtaget løbende for at indgå i samleprøver, som ved afprøvningens afslutning skulle indsendes til analyse. Disse samleprøver blev gruppe for gruppe lavet ved at sammenblende 1 kg fra hver af de udtagne prøver indenfor gruppen. Derefter blev samleprøven grundigt blandet før den igen blev neddelt, for at have ens kopiprøver á ca. 1 kg.

Ved afprøvningens afslutning blev der indsendt 2 samleprøver pr. gruppe til analyse for at få ét samlet analyseresultat pr. gruppe, og dermed sikre, at det gennemsnitlige næringsstofindhold svarede til det forventede, og dermed, med undtagelse af indholdet af L-carnitin, var ens i alle grupper. Foderprøverne blev sendt til Eurofins Steins Laboratorium A/S, og alle prøver blev analyseret for kemisk sammensætning (tørstof, protein, fedt, aske), EFOS, EFOSi, FEso og for indhold af alle aminosyrer, ekskl. methionin, cystin og tryptofan. Desuden blev indholdet af L-carnitin bestemt ved analyse i henhold til AOAC (2008) nærmere beskrevet af Starkey et al. (2019). Alle analyser blev gennemført som dobbeltbestemmelser. Ved den afsluttende vurdering af foderprøverne blev det analyserede indhold sammenholdt med det forventede indhold ved at beregne variationskoefficienten, som udtrykker afvigelsens størrelse i procent af den forventede værdi (Appendiks 2).

Registreringer

For alle søer udvalgt til at passe standardiserede kuld blev sonummer, kuldnummer, faringsdato samt levende- og dødfødte grise i kuldet registreret. Ved standardisering og ved fravæning blev soens vægt og rygspektykkelse i P2 registreret. Duo-Scan:Go Plus (Kvægdyrlægerne Kronborg, Thisted) blev anvendt til måling af rygspektykkelse, og via Wi-Fi blev en tablet anvendt til visuel kontrol af, at målingen omfattede alle 3 lag rygspek. Selve aflæsningen af rygspektykkelsen skete som beskrevet af Bruun et al. (2024).

Registreringerne omfattede for det standardiserede kuld datoen for standardisering, antallet af grise ved standardisering (som udgangspunkt 15 stk., men 1 so i henholdsvis gruppe 3 og 5 blev standardiseret med 14 grise, og 1 so i hver af grupperne 4, 5 og 6 blev standardiseret med 16 grise og 2 søer i gruppe 1 blev ligeledes standardiseret med 16 grise). Desuden blev kuldets vægt ved både standardisering og fravæning registreret. I løbet af diegivningsperioden blev alle grise, der døde eller blev flyttet fra soen, registreret med dato, antal og individuel vægt.

Beregninger

Beregning af den samlede mængde foder (kg) udfodret pr. so i diegivningsperioden skete ved, at de udfodrede mængder diegivningsfoder pr. so pr. døgn blev hentet elektronisk i SpotMix fodringsanlægget. Ud fra det udfodrede antal kilo og det analyserede indhold af FEso pr. kg foder for hver gruppe, blev foderoptagelsen omregnet fra kg til FEso. Foderoptagelsen udtrykker dermed det reelt udfodrede, men foderoptagelsen kan reelt være marginalt lavere på en given dag, da eventuelle foderrester ikke blev vejlet.

Beregning af den reelt tildelte koncentration af L-carnitin pr. kg foder blev udregnet for den enkelte so. Det analyserede indhold af L-carnitin i foderet til gruppe 1 og 6 blev ganget med den reelt udfodrede mængde af henholdsvis den mineralske foderblanding (kontrol) og den mineralske foderblanding indeholdende L-carnitin til den enkelte so. Da foderet i kontrolgruppen indeholdt 8 mg L-carnitin pr. kg foder fra råvarerne, blev det analyserede indhold af L-carnitin i gruppe 6 i beregningerne korrigeret for dette ved at antage et indhold på 932 mg pr. kg foder frem for det analyserede indhold på 941 mg pr. kg foder.

Soens vægttab i diegivningsperioden blev beregnet som differencen mellem vægt ved standardisering og vægt ved fravænning, og på samme måde blev soens ændring i rygspæktykkelsen beregnet som forskellen mellem rygspæktykkelse ved standardisering og rygspæktykkelse ved fravænning.

Den daglige kuldtilvækst i kg pr. diegivningsdag blev for de standardiserede kuld udregnet ved hjælp af formlen herunder:

$$\frac{(\text{Kuldets fravænningsvægt} + \text{samlet vægt af døde og udtagne grise} - \text{kuldets vægt ved standardisering})}{\text{Antal dage fra standardisering til fravænning}}$$

Beregningen tog dermed højde for vægten af eventuelt døde og udtagne grise i løbet af diegivningsperioden, hvilket sikrer, at resultatet er den reelle daglige kuldtilvækst, der beregnes. Beregningen tog ikke højde for alderen af døde og udtagne grise, da dette kun er nødvendigt, hvis den gennemsnitlige tilvækst pr. gris ønskes beregnet.

Dataredigering

Der indgik i alt 249 søer med kuld i de statistiske analyser. Den indledende datagennemgang omfattede en vurdering af mulige fejlregistreringer samt registreringer, hvor sammenhængen mellem kuldtilvækst, foderoptagelse, vægttab og rygspæktykkelse blev vurderet som urealistiske. I disse tilfælde blev de usandsynlige værdier sat til missing i de efterfølgende statistiske analyser. Gennemgangen af outliers i de statistiske analyser medførte på tilsvarende vis, at nogle værdier blev sat til missing i de statistiske analyser eller at soen og dens kuld blev helt udtaget af datasættet.

Efter dataredigeringen indgik samlet set 239 kuld i statistiske analyser af fravænnede pr. fravænning, gennemsnitlig daglig kuldtilvækst og gennemsnitlig fravænningsvægt. De statistiske analyser af soens vægttab omfattede 238 søer, mens 234 søer indgik i analyserne af ændring i rygspæktykkelse i løbet af diegivningsperioden. I alt 10 søer blev helt udeladt fra dataanalysen. Efter dataredigeringen varierede fordelingen af søernes kuldnummer for de 6 grupper i følgende intervaller: 28,9-34,1 % 1. kuldssøer; 20,5-25,6 % 2. kuldssøer; 15,4-22,00 % 3. kuldssøer; 14,6-21,1 % 4. kuldssøer; og 7,1-9,1 % 5. kuldssøer.

Statistik

Alle analyser blev udført i R version 4.4.1. Lineære mixed modeller (LMM) blev estimeret ved hjælp af lme4-pakken (version 1.1.36) med funktionen lmer. I visse analyser var det nødvendigt at anvende en generaliseret lineær mixed model (GLMM) med enten en betinget binomialfordeling (analyse af antal

fravænnede grise pr. kuld) eller en betinget t-fordeling for øget robusthed. Her blev glmmTMB-pakken (1.1.10) anvendt. I alle analyser blev soen og dens kuld defineret som den eksperimentelle enhed. Modellerne blev formuleret, så de på tværs af alle statistiske analyser indeholdt den kombination af kovariater med færrest muligt parametre og de samme kovariater indgik i alle statistiske analyser. De endelige statistiske modeller omfattede parametrene: kuldgruppe (2 niveauer, henholdsvis førstekuldssøer og øvrige søer), soens kuldnummer (5 niveauer svarende til kuldnummer 1-5), kuldets samlede vægt ved standardisering (kontinuert variabel), soens vægt ved standardisering (kontinuert variabel) og soens gennemsnitlige foderoptagelse pr. dag (kontinuert variabel). I analysen af soens rygspækændring indgik desuden soens rygspæktykkelse ved standardisering. I alle modeller blev der korigeret for en tilfældig holdeffekt.

Splines blev modelleret ved hjælp af splines-pakken (version 4.4.1), og ved alle splines indgik det udfodrede forhold mellem de 2 mineralske foderblandinger for, at den modellerede spline tog højde for den reelt udfodrede mængde L-carnitin pr. kg foder - dette vurderes at være mere optimalt end at modellerne defineres på basis af soens gruppe. Modeller blev sammenlignet ved at udføre likelihood ratio tests. Spline-modellerne blev ved hjælp af en likelihood ratio test sammenlignet med en lineær model for henholdsvis antallet af fravænnede grise pr. kuld, den gennemsnitlige daglige kuldtilvækst, soens vægtændring fra standardisering til fravænning og for soens rygspækændring fra standardisering til fravænning. Hvis p-værdien ikke var signifikant (hvilket var tilfældet for alle responsvariable med undtagelse af soens vægtændring), blev den lineære model valgt, da den mere simpelt udtrykker det eventuelle respons. Slutteligt blev den lineære model ved hjælp af en likelihood ratio test sammenlignet med en nul-model (ingen dosis-afhængig behandlingseffekt), for at afgøre, om den lineære effekt var signifikant forskellig fra nul.

P-værdier mindre end 0,05 blev anset som værende signifikante mens p-værdier mellem 0,05 og 0,10 blev anset som værende en statistisk tendens til forskel.

Resultater og diskussion

Foderanalyser

Det analyserede indhold af protein lå på 15,30-16,55 %, og i forhold til det planlagte niveau på 15,45 % betød det, at der i gruppe 5 blev fundet et underindhold på 1,0 %, mens der i gruppe 6 var et overindhold på 7,1 % (Appendiks 2). Foderblandingerne energiindhold varierede i forhold til det planlagte niveau på 106,05 FEso pr. 100 kg. Indholdet var lavest for gruppe 2, hvor der blev fundet 104,0 FEso pr. 100 kg, og højest for gruppe 3 (underindhold på 2,0 % af det planlagte), hvor der blev fundet 109,2 FEso pr. 100 kg i de kemiske analyser (overindhold på 3,0 % i forhold til det planlagte).

For aminosyrerne viste analyserne, at det planlagte indhold af lysin var stort set som planlagt i alle 6 grupper. Afvigelsen i forhold til det planlagte niveau af lysin på 9,76 g pr. kg lå på +2,0 %, -2,3 %, -4,3 %, -3,1 % +2,4 % og +2,9 % for gruppe 1-6. Da alle 6 foderblandinger var optimeret med et overindhold af fordøjeligt lysin på 4,7 %, vurderes variationen i det analyserede indhold at være uden betydning for afprøvningens resultater. For de øvrige aminosyrer blev der fundet mindre afvigelser, idet der blev fundet et lavere indhold på 6,8 % af det planlagte niveau (histidin i diegivningsfoderet til gruppe 2) og højere indhold på 4,5 % af det planlagte (isoleucin i diegivningsfoderet til gruppe 5), men størstedelen af afvigelserne var mere marginale (Appendiks 2).

Samlet set vurderes de fundne forskelle ikke at have påvirket afprøvningens resultater, og forskellene skal også ses i forhold til, at der kun er analyseret 2 samleprøver pr. gruppe. Afvigelsen i foderets energiindhold er anvendt ved omregning af den udfodrede mængde foder, og indgår i de statistiske modeller, hvilket betyder, at resultaterne er korigeret lineært for de relativt små afvigelser.

Opnået forskel i mængde L-carnitin pr. kg foder

Som planlagt steg diegivningsfoderets indhold af L-carnitin fra gruppe 1 til 6 (Tabel 2). Som beskrevet i Tabel 1 blev den stigende mængde L-carnitin opnået ved en gradvis overgang fra en mineralsk foderblanding uden tilsat L-carnitin til en mineralsk foderblanding med tilsat L-carnitin.

Tabel 2. Analyseret og planlagt indhold af L-carnitin i diegivningsfoder til søer fra gruppe 1-6¹.

Indhold, mg pr. kg foder	Gruppe					
	1	2	3	4	5	6
Planlagt	0	200	400	600	800	1000
Analyseret	8	179	294	532	734	941
Afgivelse, % ²	-	-10,8	-26,6	-11,3	-8,3	-6,0

¹ Alle analyseresultater er baseret på 2 dobbeltbestemmelser af 2 samleprøver, som repræsenterer alle prøveudtagninger fra hver gruppe i løbet af afprøvningsperioden.

² Afgivelsen er udtrykt som afvigelsen i % af den planlagte værdi (variationskoefficienten).

De relativt beskedne afvigelser, hvor der i grupperne 2, 4, 5 og 6 blev fundet 6,0-11,3 % mindre L-carnitin end planlagt, vidner dels om, at de mineralske foderblandinger har været homogent opblandet og dels om, at SpotMix anlægget formåede at blande præcist på trods af en meget lav iblandingsprocent af den ene eller anden mineralske foderblanding. Det kan undre, hvorfor blanding 3 faldt ud med et underindhold på 26,6 % i forhold til det planlagte, da begge mineralske foderblandinger i denne gruppe indgik med en relativt høj andel (60,9 % mineralsk foderblanding uden L-carnitin og 39,1 % mineralsk foderblanding med L-carnitin).

Deskriptivt overblik over søer og kuld, der indgik i afprøvningen

De 249 søer, der indgik i afprøvningen, fik i gennemsnit $20,88 \pm 3,57$ levendefødte grise pr. kuld og $1,71 \pm 1,81$ dødfødte grise pr. kuld. Antallet af fravænnede grise pr. kuld, som i standardiserede kuld er lig med den gennemsnitlige egenfravænnning, lå på $13,56 \pm 1,23$ grise pr. kuld. Tabel 3 opsummerer de deskriptive data, som beskriver søer og kuld som indgik i de 6 grupper i afprøvningen.

Tabel 3. Deskriptiv karakteristik af søer og kuld, der indgik i afprøvningen med stigende mængder tilsat L-carnitin til diegivningsfoderet.

Parameter	Gruppe ¹					
	1	2	3	4	5	6
Antal søer, stk.	42	41	44	38	45	39
Gennemsnitligt kulnummer	2,5	2,4	2,6	2,6	2,5	2,4
Levendefødte grise pr. kuld, stk.	20,8	20,5	21,1	21,6	21,0	20,4
Dødfødte grise pr. kuld, stk.	1,9	1,7	1,9	1,7	1,5	1,6
Soens vægt ved standardisering, kg	263	262	256	257	255	254
Soens vægt ved fravænnning, kg	250	251	247	251	244	242
Soens rygsækkekykkelse i ved standardisering, mm	12,5	12,4	11,7	12,6	12,6	12,3
Soens rygsækkekykkelse ved fravænnning, mm	10,5	10,5	9,9	11,0	10,6	10,1
Gennemsnitlig foderoptagelse, kg pr. dag	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
Gennemsnitlig foderoptagelse, FEso pr. dag ²	7,0	6,8	7,1	6,9	7,0	7,0
Total foderoptagelse fra standardisering til fravænnning, kg	214,8	214,6	215,3	212,3	214,7	214,4
Antal kuld, stk.	42	41	44	38	45	39
Antal grise ved kuldstandardisering, stk.	15,1	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
Kuldets vægt ved standardisering, kg	20,1	19,5	20,1	19,8	19,5	19,4
Antal grise ved fravænnning, stk.	13,4	13,6	13,5	13,6	13,6	13,7
Kuldets samlede fravænningsvægt, kg	102,5	100,0	100,3	98,4	101,0	99,4

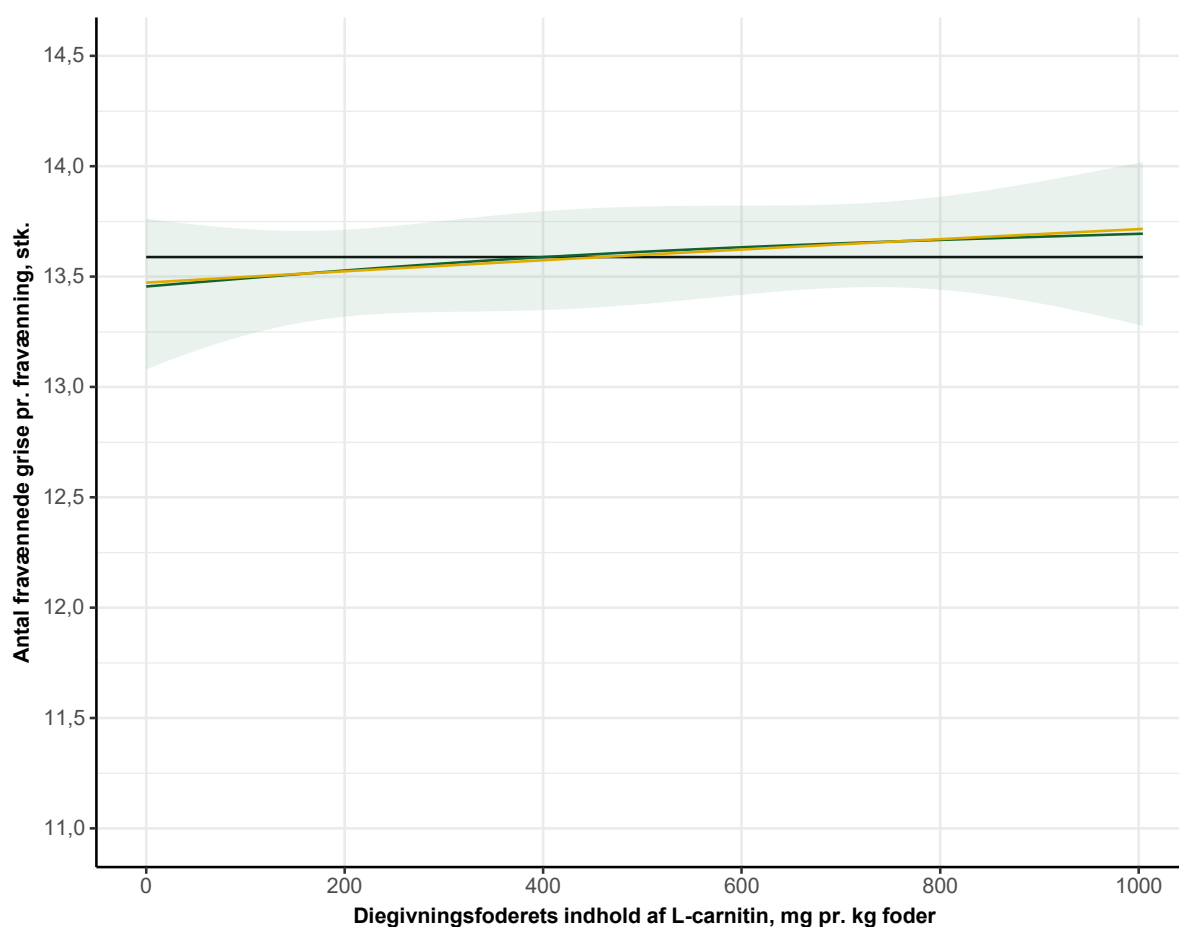
¹ Den planlagte mængde L-carnitin var følgende: Gruppe 1 (0 %), gruppe 2 (200 mg pr. kg), gruppe 3 (400 mg pr. kg), gruppe 4 (600 mg pr. kg), gruppe 5 (800 mg pr. kg) og gruppe 6 (1.000 mg pr. kg).

² Omregningen fra kg til foderenheder (FEso) er foretaget ud fra det analyserede indhold af foderenheder i foderblandingerne til de 6 forskellige grupper (Appendiks 2).

Det skal bemærkes, at søerne i gruppe 3 havde en marginalt lavere rygspæktykkelse end søerne i de øvrige grupper, men at dette i en Wilcoxon sammenligning af middelværdierne ikke udgjorde en signifikant forskel ($p = 0,48$). Tilsvarende Wilcoxon sammenligning af rygspæktabet i de 6 grupper viste, at dette ikke var forskelligt mellem grupperne ($p = 0,71$), hvorfor den marginalt lavere rygspæktykkelse i gruppe 3 ikke har påvirket resultaterne i væsentlig grad.

L-carnitin i diegivningsfoderet påvirkede ikke antallet af fravænnede grise pr. kuld

Stigende dosering af L-carnitin i diegivningsfoderet påvirkede ikke antallet af fravænnede grise pr. fravænnning ($p = 0,295$; Figur 1). Når effekten blev estimeret med en spline, var forløbet af denne spline ikke forskellig fra en ret linje ($p = 0,866$), hvilket samlet set viste, at tilsætning af L-carnitin ikke fik søerne til at passe flere grise frem til fravænnning.



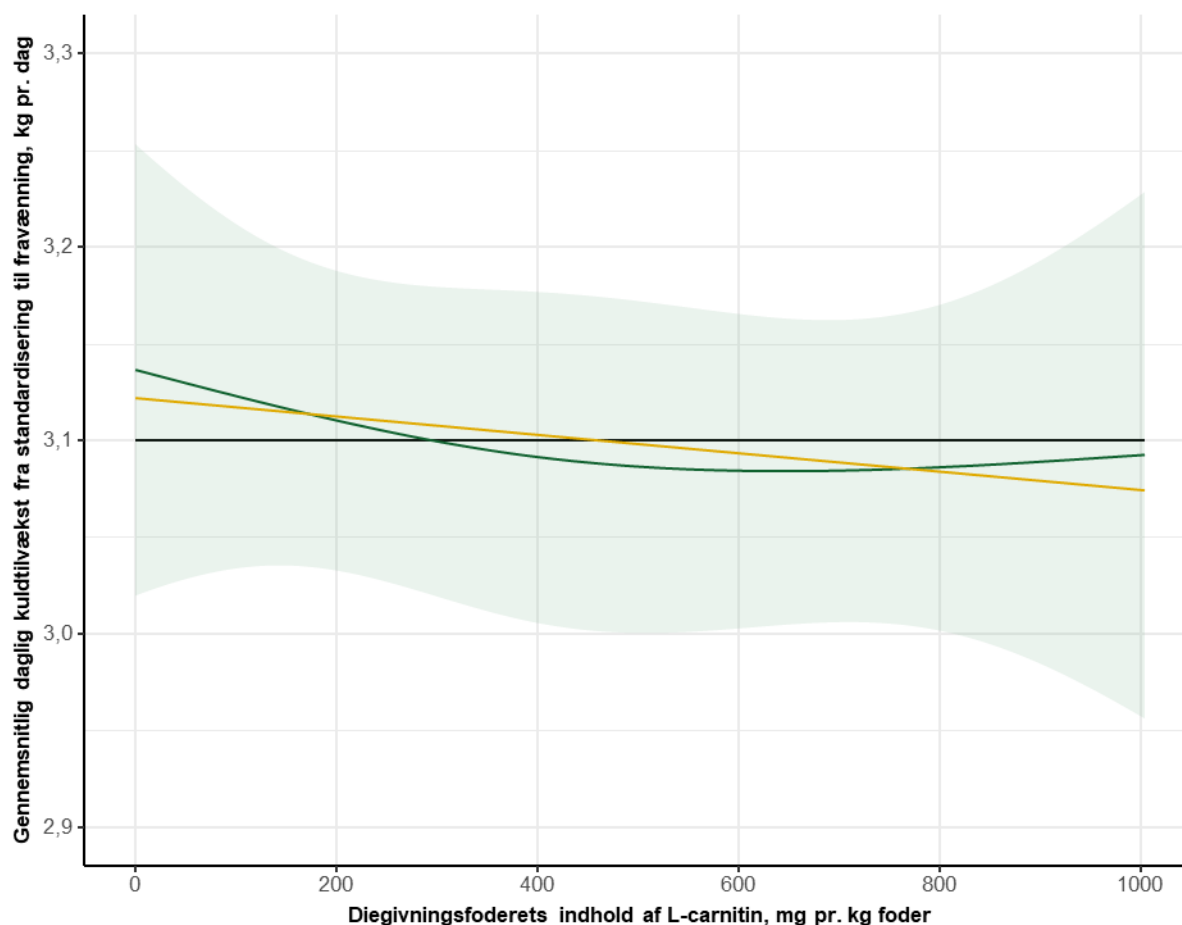
Figur 1. Sammenhæng mellem mængden af tilsat L-carnitin til diegivningsfoderet og antallet af fravænnede grise pr. kuld i standardiserede kuld. Forløbet af den modellerede spline-funktion (—) med tilhørende konfidensinterval () var ikke forskellig fra ($p = 0,866$) den modellerede lineære funktion (—). Hældningen på den modellerede lineære funktion (—) var ligeledes ikke forskellig fra nul-funktionen (—), som antager, at der ikke var en behandlingseffekt ($p = 0,295$), hvilket samlet set leder til konklusionen, at uanset koncentrationen af L-carnitin i diegivningsfoderet, så ændrede dette ikke på antallet af fravænnede grise pr. kuld.

I afprøvningen fik søerne kun L-carnitin i foderet fra ca. 5 dage før faring, derfor kan resultaterne ikke direkte sammenlignes med resultater fra andre forsøg uden at tage højde for dette.

L-carnitin i diegivningsfoderet påvirkede ikke den daglige kuldtilvækst

Stigende dosis af L-carnitin i diegivningsfoderet havde ingen effekt på den gennemsnitlige daglige kuldtilvækst ($p = 0,534$; Figur 2), og den estimerede spline adskilte sig ikke statistisk sikkert fra en ret linje ($p = 0,671$). Samlet kan det således konkluderes, at L-carnitin i denne afprøvning dermed ikke

øgede søernes mælkeproduktion, idet der er en stærk korrelation mellem pattegrisenes optagelse af mælk og den opnåede daglige kuldtilvækst (Højgaard et al., 2020).



Figur 2. Sammenhæng mellem mængden af tilsat L-carnitin til diegivningsfoderet og den gennemsnitlige daglige kuldtilvækst fra standardisering til fravænning. Forløbet af den modellerede spline-funktion (—) med tilhørende konfidensinterval () var ikke forskellig fra ($p = 0,671$) den modellerede lineære funktion (—). Hældningen på den modellerede lineære funktion (—) var ikke statistisk sikker ($p = 0,534$) forskellig fra nulfunktionen (—), som dermed betyder, at der ikke var en sammenhæng mellem foderets koncentration af L-carnitin og den gennemsnitlige daglige kuldtilvækst.

Et review har tidligere fastslået, at den samlede kuldtilvækst på tværs af 5 forskellige forsøg, hvor L-carnitin blev tildelt i en dosering varierende fra 50-250 mg pr. kg foder, blev øget med 4,6-7,8 kg pr. kuld, når diegivningsperioden varerede fra 21 til 30 dage (Eder, 2009). Omregnet blev den daglige kuldtilvækst på tværs af de 5 forsøg øget med i gennemsnit 0,26 kg pr. dag. En væsentlig forskel er, at søerne i forsøgene også fik L-carnitin tilsat drægtighedsfoderet, hvor der i den nærværende afprøvning kun blev anvendt stigende mængder L-carnitin i diegivningsfoderet, som søerne fik fra omkring 5 dage før forventet faring. Ramanau et al. (2004) fandt en højere kuld størrelse og en lavere fødselsvægt pr. gris, når søer fik 125 mg L-carnitin pr. dag gennem drægtigheden, men trods den lavere fødselsvægt blev der fundet en højere mælkeproduktion hos søer, der gennem drægtigheden havde fået L-carnitin, og fortsatte med 250 mg L-carnitin pr. dag fra faring til fravænning. Mælkeprøver viste, at mælkenes koncentration af fedt, protein og laktose ikke blev ændret ved brug af L-carnitin (Ramanau et al., 2004), og det indikerer, at søer, der havde fået L-carnitin ikke producerede en bedre mælk, men mere mælk, hvilket også konkluderes i reviewet af Eder (2009). Normalt forventes det, at en lavere fødselsvægt medfører, at grisene indtager mindre mælk end tungere grise, og dermed begrænser mælkeproduktionen (King et al., 1997), men resultaterne opnået af Ramanau et al. (2004) tyder på, at L-carnitin kan have påvirket potentialet for mælkeproduktion under den sene drægtighed, ellers er det svært at argumentere for, at grisene med lavest fødselsvægt havde den højeste kuldtilvækst. I et andet forsøg, hvor søerne fik 100 mg L-carnitin pr. dag i drægtighedsperioden og 50 mg L-carnitin pr. kg foder

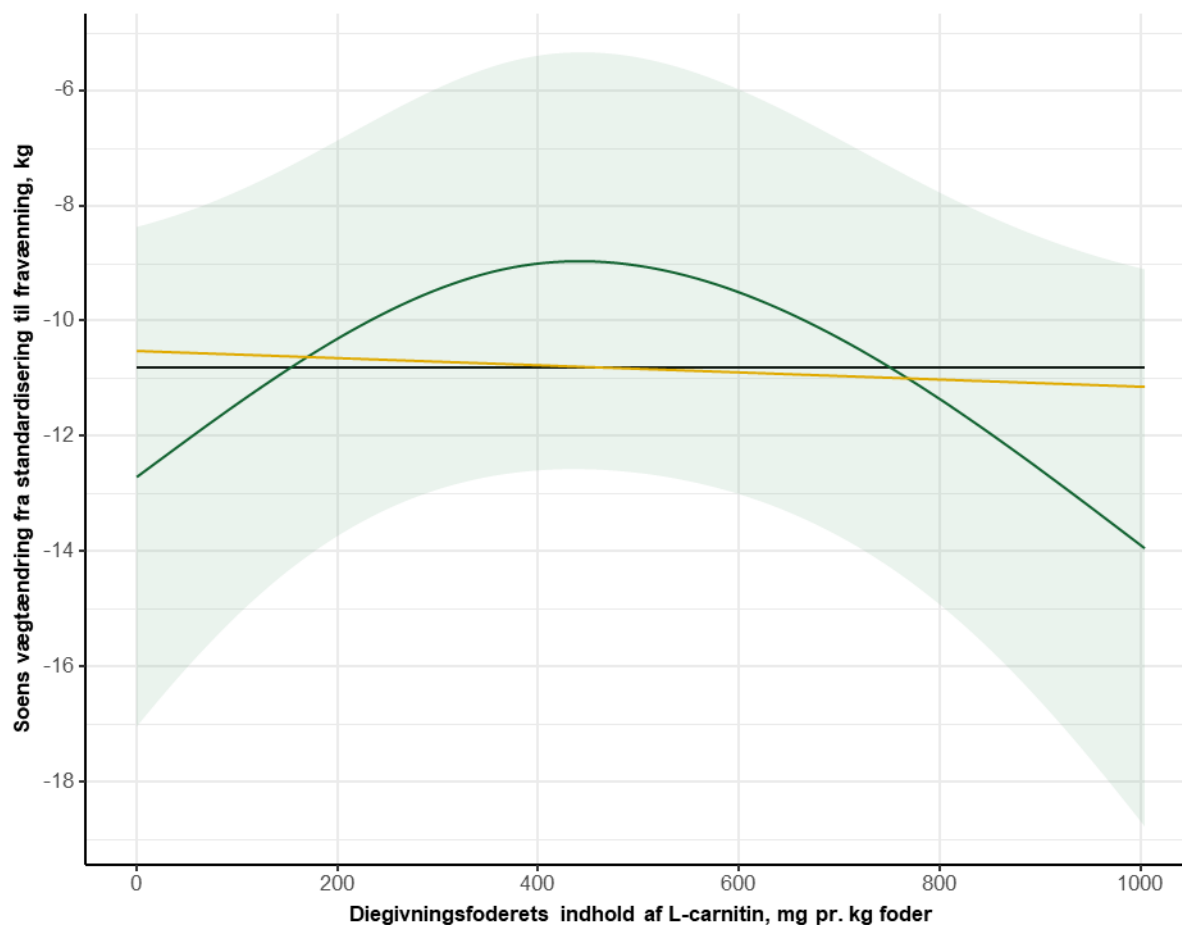
i diegivningsperioden, blev der ved samme kuldstørrelse fundet en højere fødsels- og fravænningsvægt når søerne fik L-carnitin i drægtighedsfoderet, men ikke hvis der udelukkende blev anvendt L-carnitin i diegivningsfoderet (Musser et al., 1999).

En sandsynlig forklaring på, at der i nærværende afprøvning ikke blev fundet en statistisk sikker påvirkning af den daglige kuldtillvækst ved stigende mængder L-carnitin, kan hænge sammen med, at det antal dage før faring, hvor søen fik L-carnitin, var for få til at det kunne nå at få en effekt på afkommet og eller yveret. Birkenfeld et al. (2006b) viste, at pattegrise født af søer, der havde fået L-carnitin gennem drægtigheden, diede længere tid pr. mælkenedlægning end grise født af søer, der ikke havde fået L-carnitin. Forskellene var ikke store set over et helt døgn, men grise født af søer, der havde fået L-carnitin gennem drægtigheden og hvor søen fortsat fik L-carnitin i diegivningsperioden, diede sammenlagt 30 minutter mere pr. dag end grise født af søer, der hverken havde fået L-carnitin gennem drægtigheden eller i diegivningsperioden. I forsøget viste Birkenfeld et al. (2006b) også, at den højeste tillvækst hos pattegrisene i første diegivningsuge var hos pattegrise fra søer, der fik L-carnitin i diegivningsperioden og havde fået L-carnitin i drægtighedsperioden, idet grise fra disse søer havde 17 % højere daglig tillvækst end grise født af søer, der hverken fik L-carnitin i drægtigheds- eller diegivningsfoderet. Forsøget kunne ikke underbygge, hvorfor grise født af søer, der fik L-carnitin gennem drægtigheden vokser hurtigere – selv hvis de passes af en so, der ikke fik L-carnitin gennem drægtigheden. En mulig forklaring kan være, at pattegrisenes L-carnitin-status ved fødsel påvirker deres evne til at termoregulere ved, at fedtsyrer mere effektivt kan indgå i β -oxidation i cellernes mitokondrier (Birkenfeld et al., 2006b), og en bedre termoregulering kan øge grisenes kuldetolerance og måske betyde, at de er mere aktive omkring mælkenedlæggningerne.

Det havde selvfølgelig været interessant at have kunnet teste vekselvirkningen mellem brugen af L-carnitin i drægtighedsfoderet og diegivningsfoderet på den daglige kuldtillvækst, for med højproduktive søer at kunne give et mere entydigt svar på potentialet ved brug af L-carnitin, men det var desværre ikke en del af det forsøgsdesign, der var planlagt, og dette var heller ikke teknisk muligt i den besætning, hvor afprøvningen blev gennemført.

L-carnitin i diegivningsfoderet påvirkede søernes vægttab

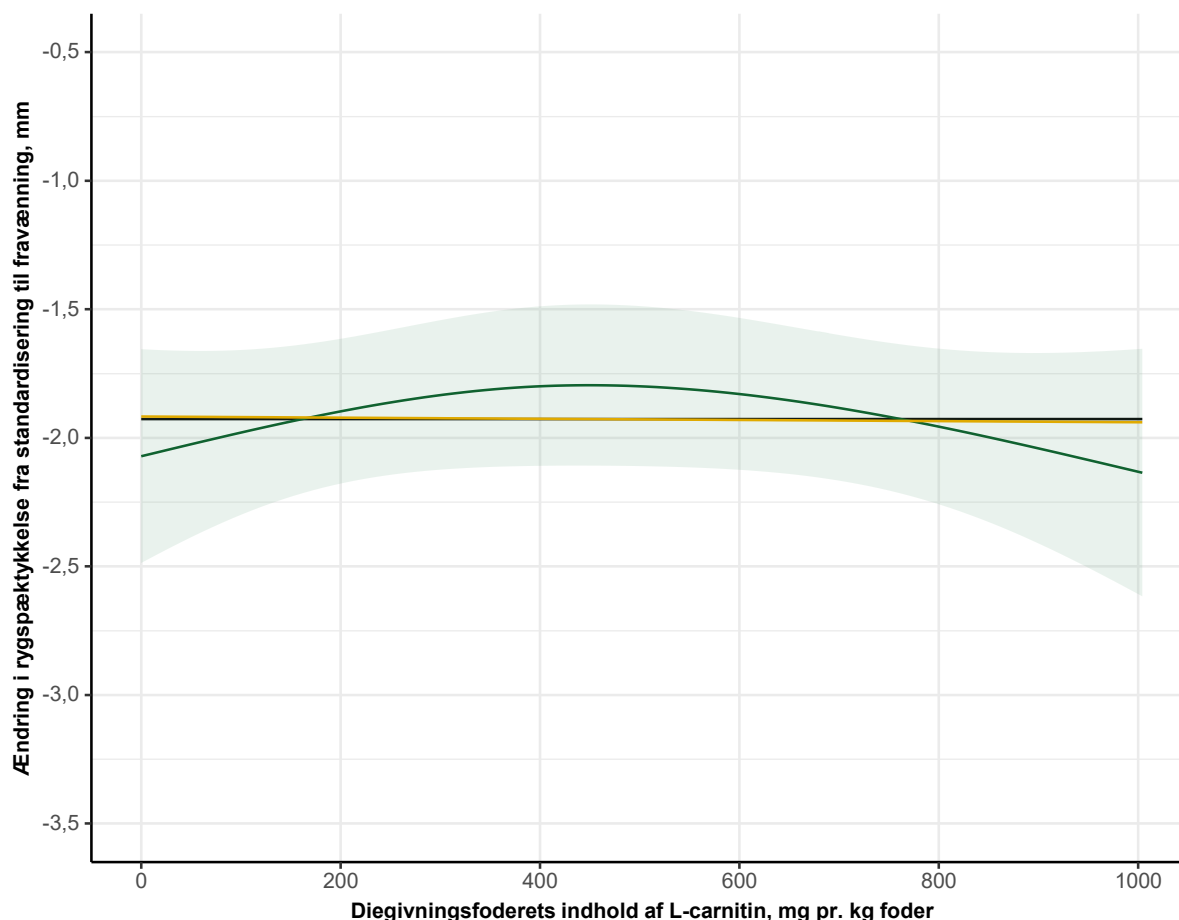
Der blev fundet en statistisk sikker sammenhæng mellem foderets indhold af L-carnitin og søernes vægtændring i diegivningsperioden ($p = 0,037$), og denne sammenhæng blev bedst estimeret med en spline, idet denne fittede data bedre end en ret linje (Figur 3). Søernes vægttab blev minimeret (-8,96 kg) ved en dosis på 436 mg L-carnitin pr. kg foder, mens søerne i kontrolgruppen tabte 12,7 kg fra kuldudjævning til fravænnings. Et reduceret vægttab kan have positiv indflydelse på den efterfølgende reproduktion (Zak et al., 1997; Hoving et al., 2012), men da forskellen fra det største til mindste vægttab kun var 3,7 kg, vil det næppe kunne ses på den efterfølgende reproduktion hos højproduktive søer. Den marginalt lavere gennemsnitlige rygspæktykkelse hos søer har næppe haft stor indflydelse på søernes mobilisering. Ifølge et studie med mere end 11.500 farende krydsningssøer, Kim et al. (2015) vil en reduktion af rygspæktykkelsen på 1 mm ved dag 109 efter løbning reducere søernes vægttab med 1,3 kg i diegivningsperioden, og således vil kun en mindre del af det reducerede vægttab kunne forklares ved forskellen i rygspæktykkelse ved standardisering af kuldet. En anden mulig forklaring på det lavere vægttab er sandsynligvis, at søernes foderudnyttelse blev forbedret ved brug af L-carnitin. Det er påvist, at tilsætning af L-carnitin til grise i vækst øger cirkulerende carnitin og at dette kan øge N-retentionen, hvilket skal forstås ved, at mere af det indtagne protein aflejres i vækstdyr (Ode et al., 2000). Tilsvarende må det forventes, at L-carnitin i diegivningsfoderet kan have ført til, at mere protein fra foderet er brugt til mælkeproduktionen eller aflejret som muskelmasse, hvorved den besparende effekt opstår. Dette forklarer dog ikke, at ved en dosering højere end 436 mg L-carnitin pr. kg foder blev vægttabet igen øget, og rent fysiologisk findes der ikke en logisk forklaring på dette.



Figur 3. Sammenhæng mellem mængden af tilsat L-carnitin til diegivningsfoderet og soens vægtændring fra standardisering til fravænning. Forløbet af den modellerede spline-funktion (—) med tilhørende konfidensinterval () var statistisk sikkert forskellig ($P = 0,037$) fra den modellerede lineære funktion (—). Det ikke lineære forløb betyder, at søernes vægttab reduceres ved stigende dosering af L-carnitin indtil et indhold på 436 mg pr. kg, hvorefter søernes vægttab igen øges med stigende dosering af L-carnitin i diegivningsfoderet.

L-carnitin i diegivningsfoderet påvirkede ikke søernes mobilisering af rygspæk

Der blev ikke fundet en effekt af stigende mængde L-carnitin i diegivningsfoderet på søernes mobilisering af rygspæk i diegivningsperioden ($p = 0,937$), og den estimerede spline på Figur 4 var ikke statistisk sikkert forskellig fra en ret linje ($p = 0,194$). Numerisk set understøtter forløbet af den estimerede spline for rygspæk den sammenhæng, der blev fundet mellem foderets indhold af L-carnitin og soens vægttab. I andre forsøg med L-carnitin har der primært været fokus på kuldparametre (Eder, 2009; Ringseis et al., 2018), og derfor har det ikke været muligt at finde andre forsøg, som understøtter, hvorvidt stigende mængde L-carnitin kan virke besparende i form af mindre mobilisering af rygspæk. Et enkelt mindre forsøg med en dosering på enten 0 eller 250 mg L-carnitin pr. dag viste dog, at rygspæktabet blev numerisk reduceret fra 3,1 til 2,4 mm. L-carnitin absorberes effektivt i tarmen i grise (Fischer et al., 2009; Keller et al., 2011), og da L-carnitin stimulerer udskillelsen af IGF-1 (Keller et al., 2011), kan dette være forklaringen på, at der ganske enkelt opnås en forbedret foderudnyttelse ved tilsætning af L-carnitin, hvorved soen kan spare på egne reserver.



Figur 4. Sammenhæng mellem mængden af tilsat L-carnitin til diegivningsfoderet og soens ændring i rygspæktykkelse fra standardisering til fravænnning. Forløbet af den modellerede spline-funktion (—) med tilhørende konfidensinterval () var ikke statistisk sikkert forskellig ($P = 0,194$) fra den modellerede lineære funktion (—). Hældningen på den modellerede lineære funktion (—) var ikke statistisk sikkert forskellig ($P = 0,937$) fra nulfunktionen (—), og derfor havde koncentrationen af L-carnitin i diegivningsfoderet ingen betydning for søernes mobilisering af rygspæk i løbet af diegivningsperioden.

Implementering af afprøvningens resultater under praktiske forhold

Afprøvningen viste, at tilsætning af L-carnitin til diegivningsfoderet og tildelt fra 5 dage før forventet faring ikke øger antallet af fravænnede pr. fravænnning og ligeledes ikke påvirker soens mælkeproduktion, idet den daglige kuldtilvækst var uafhængig af niveauet af L-carnitin i diegivningsfoderet. Det kan derfor ikke anbefales at tilsætte L-carnitin udelukkende til diegivningsfoderet for at forbedre kulddparametre. Til gengæld blev søernes væggtab reduceret, når der blev tilsat 400 mg L-carnitin pr. kg foder, formodentlig på grund af en forbedret fodereffektivitet forårsaget af den påvirkning, L-carnitin har på udskillelsen af IGF-1 (Birkenfeld et al., 2006a; Woodworth et al., 2007; Brown et al., 2008). For de fleste besætninger vil et reduceret væggtab på 3,7 kg ikke have den store betydning i forhold til efterfølgende reproduktion eller produktionen i øvrigt. Reetablering af 3,7 kg væggtab vil som udgangspunkt kræve mindst 3 FEso pr. kg tilvækst, da væggtabet er en kombination af mobiliseret muskelmasse og rygspæk, og derved vil der pr. cyklus spares ca. 15 FEso svarende til ca. 34 FEso pr. årssø. Omkostningen til tilsætning af ca. 400 mg L-carnitin pr. FEso til diegivningsfoderet skal derfor ses i forhold til det sparede drægtighedsfoder. Baseret på optimering gennemført med aktuelle priser på L-carnitin i oktober 2025 vil tilsætning af 400 mg L-carnitin pr. kg foder koste 8 øre pr. FEso, og med et forbrug af diegivningsfoder på omkring 550 FEso vil tilsætning af L-carnitin til diegivningsfoderet koste 44 kr. pr. årssø. Omkostningen til L-carnitin vil være neutral, hvis prisen på drægtighedsfoderet til reetablering af huld ligger højere end 1,25 kr. pr. FEso.

Gennemgangen af litteraturen pegede på, at den største effekt af L-carnitin opnås, hvis det også anvendes i lavere dosering i drægtighedsfoderet, og i flere forsøg er der indikationer af, at det er tilsætning af L-carnitin i midt og sen drægtighed og helt frem til faringen, der kan forventes at have den største effekt, evt. suppleret med dosering i diegivningsfoderet. Hvis L-carnitin anvendes i drægtighedsfoderet kræves ikke nødvendigvis en høj koncentration, idet forsøg med doseringer allerede fra 100 til 125 mg pr. dag eller 50 mg pr. kg foder har vist positive effekter i forhold til opnået kuldtilvækst i efterfølgende diegivningsperiode. De fleste forsøg er gennemført med markant lavere kuld størrelser end der ses under danske forhold, og det sætter spørgsmålstegn ved, om de afprøvede doseringer er tilstrækkelige eller om der skal en højere dosering til. Optimeringer gennemført med aktuelle priser på L-carnitin i oktober 2025 viste, at tilsætning af 200 mg L-carnitin pr. kg foder i drægtighedsfoderet vil koste omkring 30-35 kr. pr. årso, mens samme dosering i hele soens cyklus vil koste 50-55 kr. pr. årso.

Konklusion

Afprøvningen blev gennemført med 6 forskellige planlagte koncentrationer af L-carnitin fra 0-1.000 mg pr. kg diegivningsfoder, og analyserne viste, at foderets indhold af L-carnitin lå meget tæt på det planlagte i alle grupper. Tilsætningen af L-carnitin havde ingen effekt på antallet af fravænnede pr. fravæanning eller den daglige kuldtilvækst, når diegivningsfoderet blev tildelt fra 5 dage før forventet faring.

Søernes væggtab blev minimeret, når diegivningsfoderet indeholdt 436 mg L-carnitin pr. kg foder, hvilket sandsynligvis skyldes, at L-carnitin har øget foderudnyttelsen ved at påvirke udnyttelsen af protein og stimuleret udskillelsen af IGF-1, som bidrager til optimeret udnyttelse af næringsstoffer fra foderet, og derved reducerer behovet for mobilisering. L-carnitin påvirkede ikke søernes mobilisering af rygspæk, men numerisk set faldt rygspæktabet ved stigende tilsætning af L-carnitin, og blev minimeret ved nogenlunde samme dosering af L-carnitin som den dosering, der minimerede søernes væggtab.

Baseret på afprøvningens resultater, skal L-carnitin ikke tilsættes til diegivningsfoderet med forventning om øget mælkeproduktion eller flere fravænnede grise pr. fravæanning. Hvis L-carnitin tilsættes foderet, så bør der ses på resultater fra udenlandske forsøg, som dog primært er af ældre dato og fra søer med betydeligt lavere kuld størrelse end i dag. Potentialet i forhold til kuld størrelse, fødselsvægt og kuldtilvækst vil sandsynligvis være størst ved anvendelse fra ca. 4 uger efter løbning og helt frem til faring, eventuelt suppleret med tildeling i diegivningsperioden for at opnå et lavere væggtab i diegivningsperioden, og dermed potentielt spare drægtighedsfoder til reetablering af væggtabet.

Referencer

- Birkenfeld, C.; Doberenz, J.; Kluge, H.; Eder, K. (2006a): Effect of l-carnitine supplementation of sows on l-carnitine status, body composition and concentrations of lipids in liver and plasma of their piglets at birth and during the suckling period. *Animal Feed Science and Technology*. 129:23-38.
- Birkenfeld, C.; Kluge, H.; Eder, K. (2006b): L-carnitine supplementation of sows during pregnancy improves the suckling behaviour of their offspring. *British Journal of Nutrition*. 96:334-342.
- Brown, K.R.; Goodband, R.D.; Tokach, M.D.; Dritz, S.S.; Nelssen, J.L.; Minton, J.E.; Higgins, J.J.; Lin, X.; Odle, J.; Woodworth, J.C.; Johnson, B.J. (2008): Effects of feeding l-carnitine to gilts through day 70 of gestation on litter traits and the expression of insulin-like growth factor system components and l-carnitine concentration in foetal tissues. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 92:660-667.

Bruun, T.S.; Jensen, A.F.M.; Nielsen, M.B.F.; Sørensen, G. (2024): Sammenligning af rygspæktykkelse målt med Lean-Meater og Duo-Scan:Go Plus. Notat nr. 2423, SEGES Innovation.

Doberenz, J.; Birkenfeld, C.; Kluge, H.; Eder, K. (2006): Effects of L-carnitine supplementation in pregnant sows on plasma concentrations of insulin-like growth factors, various hormones and metabolites and chorion characteristics. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 90:487-499.

Eder, K. (2009): Influence of l-carnitine on metabolism and performance of sows. *British Journal of Nutrition*. 102:645-654.

Eder, K.; Ramanau, A.; Kluge, H. (2001): Effect of L-carnitine supplementation on performance parameters in gilts and sows. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 85:73-80.

Esbensen, K.H.; Dahl, C.K.; Petersen, L.; Friis-Pedersen, H.H.; Houmøller, L.P.; Ørnskov, A.; Johnsen, J.; Højbjerg, L. (2002): Sampling I, II, III, IV. *Dansk Kemi*. 83

Esbensen, K.H.; Dahl, C.K.; Petersen, L.; Friis-Pedersen, H.H.; Houmøller, L.P.; Ørnskov, A.; Johnsen, J.; Højbjerg, L. (2003): Sampling V. *Dansk Kemi*. 84

Fischer, M.; Varady, J.; Hirche, F.; Kluge, H.; Eder, K. (2009): Supplementation of L-carnitine in pigs: Absorption of carnitine and effect on plasma and tissue carnitine concentrations. *Archives of Animal Nutrition*. 63:1-15.

Højgaard, C.K.; Bruun, T.S.; Theil, P.K. (2020): Impact of milk and nutrient intake of piglets and sow milk composition on piglet growth and body composition at weaning. *Journal of Animal Science*. 98: skaa060.

Hoving, L.L.; Soede, N.M.; Feitsma, H.; Kemp, B. (2012): Lactation weight loss in primiparous sows: consequences for embryo survival and progesterone and relations with metabolic profiles. *Reproduction in Domestic Animals*. 47:1009-1016.

Johannsen, J.C.; Sørensen, M.T.; Theil, P.K.; Bruun, T.S.; Farmer, C.; Feyera, T. (2024): Optimal protein concentration in diets for sows during the transition period. *Journal of Animal Science*. 102: skae082.

Keller, J.; Ringseis, R.; Priebe, S.; Guthke, R.; Kluge, H.; Eder, K. (2011): Dietary L-carnitine alters gene expression in skeletal muscle of piglets. *Molecular Nutrition & Food Research*. 55:419-429.

Kim, J.S.; Yang, X.; Pangeni, D.; Baidoo, S.K. (2015): Relationship between backfat thickness of sows during late gestation and reproductive efficiency at different parities. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science*. 65:1-8.

King, R.H. (2000): Factors that influence milk production in well-fed sows. *Journal of Animal Science*. 78:19-25.

King, R.H.; Mullan, B.P.; Dunshea, F.R.; Dove, H. (1997): The influence of piglet body weight on milk production of sows. *Livestock Production Science*. 47:169-174.

Langendijk, P.; Fleuren, M.; Page, G. (2023): Review: Targeted nutrition in gestating sows: opportunities to enhance sow performance and piglet vitality. *Animal*. 17:100756.

Lapointe, J. (2014): Mitochondria as promising targets for nutritional interventions aiming to improve performance and longevity of sows. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 98:809-821.

Lyderik, K.K.; Østrup, E.; Bruun, T.S.; Amdi, C.; Strathe, A.V. (2023): Fetal and placental development in early gestation of hyper-prolific sows. *Theriogenology*. 97:259-266.

Musser, R.E.; Goodband, R.D.; Tokach, M.D.; Owen, K.Q.; Nelssen, J.L.; Blum, S.A.; Dritz, S.S.; Civis, C.A. (1999): Effects of L-carnitine fed during gestation and lactation on sow and litter performance. *Journal of Animal Science*. 77:3289-3295.

- Odle, J.; Heo, K.; Han, I.K.; Cho, W.; Seo, S.; Pilkington, D.H. (2000): Dietary L-Carnitine Improves Nitrogen Utilization in Growing Pigs Fed Low Energy, Fat-Containing Diets. *The Journal of Nutrition*. 130:1809-1814.
- Odle, J.; Lin, X.; van Kempen, T.A.T.G.; Drackley, J.K.; Adams, S.H. (1995): Carnitine Palmitoyltransferase Modulation of Hepatic Fatty Acid Metabolism and Radio-HPLC Evidence for Low Ketogenesis in Neonatal Pigs. *The Journal of Nutrition*. 125:2541-2549.
- Petersen, L.; Minkinen, P.; Esbensen, K.H. (2005): Representative sampling for reliable data analysis: Theory of Sampling. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*. 77:261-277.
- Ramanau, A.; Kluge, H.; Eder, K.; Spilke, J. (2004): Supplementation of Sows with L-Carnitine during Pregnancy and Lactation Improves Growth of the Piglets during the Suckling Period Through Increased Milk Production. *The Journal of Nutrition*. 134:86-92.
- Real, D.E.; Nelssen, J.L.; Tokach, M.D.; Goodband, R.D.; Dritz, S.S.; Woodworth, J.C.; Owen, K.Q. (2008): Additive effects of L-carnitine and chromium picolinate on sow reproductive performance. *Livestock Science*. 116:63-69.
- Ringseis, R.; Keller, J.; Eder, K. (2018): Basic mechanisms of the regulation of L-carnitine status in monogastrics and efficacy of L-carnitine as a feed additive in pigs and poultry. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 102:jpn.12959.
- Rooney, H.B.; O'Driscoll, K.; O'Doherty, J.V.; Lawlor, P.G. (2019): Effect of l-carnitine supplementation and sugar beet pulp inclusion in gilt gestation diets on gilt live weight, lactation feed intake, and offspring growth from birth to slaughter. *Journal of Animal Science*. 97:4208-4218.
- Rooney, H.B.; O'Driscoll, K.; Silacci, P.; Bee, G.; O'Doherty, J.V.; Lawlor, P.G. (2020): Effect of dietary l-carnitine supplementation to sows during gestation and/or lactation on sow productivity, muscle maturation and lifetime growth in progeny from large litters. *British Journal of Nutrition*. 124:43-56.
- Starkey, D.E.; Denison, J.E.; Seipelt, C.T.; Jacobs, W.A. (2019): Single-Laboratory Validation of a Liquid Chromatographic/Tandem Mass Spectrometric Method for the Determination of Free and Total Carnitine in Infant Formula and Raw Ingredients. *Journal of AOAC INTERNATIONAL*. 91:130-142.
- Theil, P.K.; Farmer, C.; Feyera, T. (2022): Review: Physiology and nutrition of late gestating and transition sows. *Journal of Animal Science*. 100:skac176.
- Theil, P.K.; Lauridsen, C.; Quesnel, H. (2014): Neonatal piglet survival: impact of sow nutrition around parturition on fetal glycogen deposition and production and composition of colostrum and transient milk. *Animal*. 8:1021-1030.
- Vadmand, C.N.; Krogh, U.; Hansen, C.F.; Theil, P.K. (2015): Impact of sow and litter characteristics on colostrum yield, time for onset of lactation, and milk yield of sows. *Journal of Animal Science*. 93:2488-2500.
- Waylan, A.T.; Kayser, J.P.; Gnad, D.P.; Higgins, J.J.; Starkey, J.D.; Sissom, E.K.; Woodworth, J.C.; Johnson, B.J. (2005): Effects of L-carnitine on fetal growth and the IGF system in pigs. *Journal of Animal Science*. 83:1824-1831.
- Woodworth, J.C.; Tokach, M.D.; Nelssen, J.L.; Goodband, R.D.; Dritz, S.S.; Koo, S.I.; Minton, J.E.; Owen, K.Q. (2007): Influence of dietary L-carnitine and chromium picolinate on blood hormones and metabolites of gestating sows fed one meal per day. *Journal of Animal Science*. 85:2524-2537.
- Zak, L.J.; Cosgrove, J.R.; Aherne, F.X.; Foxcroft, G.R. (1997): Pattern of feed intake and associated metabolic and endocrine changes differentially affect postweaning fertility in primiparous lactating sows. *Journal of Animal Science*. 75:208-216.

Deltagere

Ansvarlig tekniker: Ann Freja Mørch Jensen

Teknikere: Erik Jeppesen, Hanne Nissen, Marlene Nytofte Hansen

Øvrig information

Afprøvning nr. 1977

Sagsnummer.: 101976

Journalnummer på dyreforsøgstilladelse omfattende Københavns Universitets aktiviteter i besætningen: 2023-15-0201-01588

Besætningen/besætningerne, som denne afprøvning er gennemført i, er godkendt i DANISH-ordningen i september 2024 og august 2025.

//TSOE//

Appendiks 1

Foderkurver til diegivende gylte og søer. Den definerede foderstyrke var den maksimalt tilladte. Det var tilladt at reducere foderstyrken i forhold til søernes appetit og ved sygdom etc.

Dag (dag 1 = faring)	Foderkurve FEso pr. dag
1	3,50
2	3,80
3	4,45
4	5,10
5	5,75
6	6,63
7	7,50
8	7,75
9	8,05
10	8,35
11	8,65
12	8,95
13	9,25
14	9,38
15	9,51
16	9,64
17	9,76
18	9,89
19	10,02
20	10,15
21	10,20
22	10,20
23	10,20
24	10,20
25	10,20
26	10,20
27	10,20
28	10,20
29	10,20
30	10,20
70	10,20

Appendiks 2

Analyseret kemisk indhold, energiindhold, indhold af udvalgte fedtsyrer samt beregnet indhold af fordøjelige mængder af aminosyrer i diegivningsfoder anvendt til gruppe 1 og 2¹.

Indhold	Gruppe 1			Gruppe 2		
	Planlagt	Analyseret	Afgivelse, % ²	Planlagt	Analyseret	Afgivelse, % ²
Antal analyser, stk.		2 ³			2 ³	
Kemisk indhold, %						
Protein	15,45	15,70	1,6	15,45	16,20	4,9
Tørstof	86,29	87,50	1,4	86,29	87,45	1,4
Fedt	5,44	4,35	-20,0	5,44	4,35	-20,0
Aske	6,40	5,90	-7,8	6,40	5,95	-6,7
Energiindhold						
FEso pr. 100 kg	106,1	106,2	0,1	106,1	104,0	-2,0
Aminosyreindhold, total g pr. kg						
Lysin	9,76	9,96	2,0	9,76	9,54	-2,3
Methionin	2,89	-	-	2,89	-	-
Cystin	2,72	-	-	2,72	-	-
Treonin	6,39	6,14	-4,0	6,39	6,06	-5,2
Isoleucin	5,98	5,90	-1,4	5,98	5,83	-2,6
Leucin	11,42	11,05	-3,2	11,42	10,95	-4,1
Histidin	3,81	3,65	-4,3	3,81	3,55	-6,8
Fenylalanin	-	7,37	-	-	7,07	-
Arginin	-	9,22	-	-	8,95	-
Valin	7,19	7,04	-2,1	7,19	7,02	-2,4
Tilsætningsstoffer, mg pr. kg						
L-carnitin	0	8	-	200	179	-10,8

¹ Alle foderprøver blev analyseret hos Eurofins Steins Laboratorium A/S.

² Afgivelsen er udtrykt som afvigelsen i % af den planlagte værdi (variationskoefficienten).

³ De to analyser er dobbeltbestemmelser af hver sin kopi af en samleprøve.

Analyseret kemisk indhold, energiindhold, indhold af udvalgte fedtsyrer samt beregnet indhold af fordøjelige mængder af aminosyrer i diegivningsfoder anvendt til gruppe 3 og 4¹.

Indhold	Gruppe 3			Gruppe 4		
	Planlagt	Analyseret	Afvigelse, % ²	Planlagt	Analyseret	Afvigelse, % ²
Antal analyser, stk.		2 ³			2 ³	
Kemisk indhold, %						
Protein	15,45	16,60	7,4	15,45	15,45	16,10
Tørstof	86,29	87,60	1,5	86,29	87,50	1,4
Fedt	5,44	4,80	-11,8	5,44	5,44	4,90
Aske	6,40	5,70	-10,4	6,40	6,34	5,70
Energiindhold						
FEso pr. 100 kg	106,1	109,2	3,0	106,1	107,1	1,0
Aminosyreindhold, total g pr. kg						
Lysin	9,76	9,34	-4,3	9,76	9,46	-3,1
Methionin	2,89	-	-	2,89	-	-
Cystin	2,72	-	-	2,72	-	-
Treonin	6,39	6,14	-3,9	6,39	6,11	-4,4
Isoleucin	5,98	5,98	0,0	5,98	5,89	-1,5
Leucin	11,42	11,10	-2,8	11,42	10,90	-4,6
Histidin	3,81	3,67	-3,7	3,81	3,57	-6,3
Fenylalanin	-	7,52	-	-	7,38	-
Arginin	-	9,54	-	-	9,24	-
Valin	7,19	7,08	-1,5	7,19	7,04	-2,1
Tilsætningsstoffer, mg pr. kg						
L-carnitin	400	294	-26,6	600	532	-11,3

¹ Alle foderprøver blev analyseret hos Eurofins Steins Laboratorium A/S.

² Afvigelsen er udtrykt som afvigelsen i % af den planlagte værdi (variationskoefficienten).

³ De to analyser er dobbeltbestemmelser af hver sin kopi af en samleprøve.

Analyseret kemisk indhold, energiindhold, indhold af udvalgte fedtsyrer samt beregnet indhold af fordøjelige mængder af aminosyrer i diegivningsfoder anvendt til gruppe 5 og 6¹.

Indhold	Gruppe 5			Gruppe 6		
	Planlagt	Analyseret	Afvigelse, % ²	Planlagt	Analyseret	Afvigelse, % ²
Antal analyser, stk.		2 ³			2 ³	
Kemisk indhold, %						
Protein	15,45	15,30	-1,0	15,45	16,55	7,1
Tørstof	86,29	87,60	1,6	86,29	87,55	1,5
Fedt	5,44	5,10	-6,3	5,44	4,40	-19,1
Aske	6,40	5,70	-9,8	6,40	5,75	-8,7
Energiindhold						
FEso pr. 100 kg	106,1	107,5	1,4	106,1	107,9	1,7
Aminosyreindhold, total g pr. kg						
Lysin	9,76	9,99	2,4	9,76	10,05	2,9
Methionin	2,89	-	-	2,89	-	-
Cystin	2,72	-	-	2,72	-	-
Treonin	6,39	6,48	1,4	6,39	6,44	0,7
Isoleucin	5,98	6,25	4,5	5,98	6,14	2,6
Leucin	11,42	11,60	1,6	11,42	11,35	-0,6
Histidin	3,81	3,78	-0,8	3,81	3,73	-2,2
Fenylalanin	-	7,54	-	-	7,59	-
Arginin	-	9,44	-	-	9,56	-
Valin	7,19	7,46	3,8	7,19	7,31	1,6
Tilsætningsstoffer, mg pr. kg						
L-carnitin	800	734	-8,3	1000	941	-6,0

¹ Alle foderprøver blev analyseret hos Eurofins Steins Laboratorium A/S.

² Afvigelsen er udtrykt som afvigelsen i % af den planlagte værdi (variationskoefficienten).

³ De to analyser er dobbeltbestemmelser af hver sin kopi af en samleprøve.