

Ingen effekt på antal fravænnede grise pr. kuld og marginal effekt på daglig kuldtilvækst ved at øge forholdet mellem fordøjeligt histidin og lysin til diegivende søer

Thomas Sønderby Bruun ^a, Anja Varmløse Strathe ^b og Jesper Hørlyk Sigaard ^c

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

^b Institut for Veterinær- og Husdyrvidenskab, Københavns Universitet

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

STØTTET AF

Svineafgiftsfonden

Hovedkonklusion

Forholdet mellem fordøjeligt histidin og lysin til diegivende søer bør fortsat være 36,4 %, da den marginale effekt på daglig kuldtilvækst, som blev opnået i afprøvningen, ikke kan dække stigningen i foderprisen for diegivningsfoderet.

Sammendrag

Aminosyren histidin har flere funktioner, som påvirker iltransport i blodet, oxidativt stress og muskeltræthed. Derfor er de produktivetsmæssige og fysiologiske effekter undersøgt nærmere for at klarlægge, om ekstra histidin i foderet kunne bidrage til, at søerne kunne passe flere grise frem til fravænning og opnå en højere daglig kuldtilvækst. Normer for Næringsstoffer angiver, at diegivningsfoder skal indeholde 2,8 g fordøjeligt histidin pr. FEso ved 7,7 g fordøjeligt lysin pr. FEso, og dermed skal indholdet af fordøjeligt histidin være 36,4 % af fordøjeligt lysin. Formålet med afprøvningen var at fastlægge det optimale forhold mellem fordøjeligt histidin og lysin.

Afprøvningen blev gennemført i en besætning med løsgående diegivende søer og der indgik i alt 306 søer i et dosis-responsforsøg, og 18 søer blev udtaget undervejs i forsøget – disse var jævnt fordelt mellem de seks grupper. Der var 6 forsøgsgrupper og der blev tildelt et diegivningsfoder med samme råvaresammensætning og næringsstofindhold. Forholdet mellem fordøjeligt histidin og lysin blev gradvist øget i de 6 grupper, så forholdet blev undersøgt i intervallet 36,3-72,8 %. Ændringen skete ved tilsætning af L-histidin til den ene af to mineralske foderblandinger. Søerne fik foderet fra indsættelse i farestalden ca. 5 dage før forventet faring og frem til fravænning.

Afprøvningen viste, at forholdet mellem fordøjeligt histidin og lysin ingen effekt havde på antallet af fravænnede pr. fravænning ($p = 0,298$), som i gennemsnit lå på $13,84 \pm 1,15$ grise pr. fravænning (middelværdi $\pm$ standardafvigelse). Den daglige kuldtilvækst, som i gennemsnit lå på $3,02 \pm 0,46$ kg pr. dag blev påvirket af forholdet mellem fordøjeligt histidin og lysin, idet der var en lineær stigende sammenhæng mellem et stigende indhold af fordøjeligt histidin og den daglige kuldtilvækst ($p = 0,041$). Effekten var marginal, idet 1 procentpoints forøgelse af forholdet mellem fordøjeligt histidin og lysin kun øgede den daglige kuldtilvækst med 4 g pr. dag. Der blev ikke fundet en sammenhæng mellem forholdet mellem fordøjeligt histidin og lysin på søernes vægtændring ($p = 0,322$), og søerne tabte i gennemsnit $9,2 \pm 12,1$ kg i løbet af $26,42 \pm 1,72$ diegivningsdage. Rygspækændringen afhang ikke af forholdet mellem fordøjeligt histidin og lysin ($p = 0,392$). Søerne tabte i gennemsnit $2,2 \pm 1,6$ mm i diegivningsperioden.

Økonomiske scenarieberegninger med 5-årspriser viste, at uanset om forholdet mellem fordøjeligt histidin og lysin blev forøget ved brug af L-histidin eller afskallet sojaskrå, så medførte ønsket om at øge den daglige kuldtilvækst marginalt, at totaløkonomien pr. fravænnet kuld blev kraftigt forringet, idet tabet pr. kuld udgjorde 5,75-22,65 kr., når forholdet mellem fordøjeligt histidin og lysin blev øget i intervallet 45,0-55,0 %.

Baseret på afprøvningens resultater konkluderes det, at forholdet mellem fordøjeligt histidin og lysin bør fastholdes på 36,4 %, som i gældende udgave af Normer for Næringsstoffer.

Baggrund

Histidin er en essentiel aminosyre for grise, men der findes begrænset viden om histidin til søer (Kim et al., 2006). Forholdet mellem fordøjeligt histidin og lysin i foderet til diegivende søer er løbende reduceret i takt med, at foderets indhold af fordøjeligt protein er reduceret, og i gældende Normer for Næringsstoffer angives det på basis af tidligere gennemførte danske normforsøg, at fordøjeligt histidin til diegivende søer skal være 2,8 g pr. FEso svarende til 36,4 % af indholdet af fordøjeligt lysin (Sloth et al., 2026). NRC (2012) angiver, at forholdet mellem fordøjeligt histidin og lysin skal være 39-40 % afhængig af søernes forventede kuldtilvækst og søernes kulddnummer. Årsagen til det lavere forhold relativt til lysin er de gennemførte normforsøg, som viste den bedste aminosyreprofil til at opnå maksimal mælkeproduktion og samtidig holde foderets indhold af fordøjeligt protein så lavt som muligt (Højgaard et al., 2017a; Højgaard et al., 2017b).

En større andel af det histidin, der optages, aflejres i muskler i form af metabolitten carnosin (van Milgen og Le Floch, 2021). Omdannelsen fra histidin til carnosin er reversibel, så dyret kan regulere behovene ved at omdanne begge veje. Musklerne og ovarierne indhold af carnosin hos hundyr er afhængig af, hvor i cyklus, dyret befinder sig (Feigelson, 1968; Jabłonowska et al., 1985; Pan et al., 2024).

Både histidin (Cai et al., 1995) og carnosin (Boldyrev et al., 2013; Song et al., 2014) har en kraftig antioxidant virkning og kan dermed bidrage til at neutralisere reaktive oxygenarter og derved reducere niveauet af oxidativt stress (Holeček, 2020; Saadati et al., 2024), så soen er beskyttet både cellulært og på organniveau (Song et al., 2014).

Jenkins et al. (2025) bemærker, at til højproduktive søer kan histidin være en begrænsende aminosyre. Dette baseres på et forsøg, hvor tre forskellige forhold mellem fordøjeligt histidin og lysin (40, 50 og 60 %) blev anvendt. I forsøget blev anvendt et meget højt indhold af fordøjeligt lysin (10,5 g pr. kg), og søerne blev fodret ad libitum i diegivningsperioden og havde derfor uanset forsøgsgruppen et meget højt dagligt indtag af histidin, lysin og alle øvrige aminosyrer. I forsøget blev der på basis af kun tre grupper fundet en tendens til en kvadratisk effekt, hvor kuldvægten var højere på dag 7, når forholdet mellem fordøjeligt histidin og lysin blev øget. Der var også en lineær tendens til, at den gennemsnitlige pattegrisetilvækst blev forbedret fra dag 7 og frem til fravænning, når forholdet mellem fordøjeligt histidin og lysin blev øget. Set fra kuldudjævning til fravænning var der dog ingen effekt af histidin, på hverken

kuldtilvækst eller pattegrisedødelighed. Den gennemsnitlige daglige mælkeproduktion tenderede til at være højere ved 50 % histidin:lysin (kvadratisk effekt), idet søerne ved dette histidinniveau lå 0,4-0,5 kg mælk pr. dag højere end de øvrige grupper (Jenkins et al., 2025).

Histidin indgår som en strukturel del af hæmoglobin (Holeček, 2020), hvilket betyder, at histidin også har en rolle i blodets evne til at transportere ilt rundt i kroppen (Uppal et al., 2015). I muskler bidrager carnosin ved muskelsammentrækninger og kan bidrage til mindre udtrætning af musklerne. Desuden virker carnosin dæmpende på blodtryk og kan virke udvidende på blodkar, hvilket vurderes at være vigtigt for hjertets muskelkontraktioner (Roberts og Zaloga, 2000; Boldyrev et al., 2013). Histidin forventes derfor at have betydning for soens fysiologiske sundhed lige omkring faring og kan bidrage til, at visse organer belastes mindre. Disse indikationer samt det faktum, at der udskilles langt større koncentrationer af histidin i soens mælk lige efter faring end senere i diegivningsperioden (Wu og Knabe, 1994), gør det interessant at fokusere mere på histidin tilførslen.

Samlet set er der behov for at få vurderet potentialet ved at tilsætte stigende mængder af histidin til diegivningsfoderet, for at øge forholdet mellem fordøjeligt histidin og lysin. Både de potentielle fysiologiske effekter samt tendenser til øget mælkeproduktion fundet i et allerede gennemført forsøg (Jenkins et al., 2025) med histidin, gør det relevant at undersøge responset på histidin ved en typisk dansk fodersammensætning. I denne Meddelelse fokuseres på effekterne på søernes produktivitet, mens Københavns Universitet publicerer resultater for fysiologiske målinger og mål for pattegrisenes vitalitet i et internationalt peer reviewed tidsskrift, når laboratoriearbejde samt analyser er gennemført.

Formålet med projektet er at fastlægge det optimale forhold mellem fordøjeligt histidin og lysin i diegivningsfoder, for at sikre maksimal daglig kuldtilvækst og sikre, at søerne fravænner flere grise pr. kuld (indirekte mål for forbedring af pattegriseoverlevelsen).

Materialer og metoder

Besætning

Afprøvningen blev gennemført i én sobesætning med cirka 1.600 årssøer. Søerne var i drægtighedsstalden opstaldet i stabile grupper og fodret via elektronisk sofodringssystem (ESF) med vådfoder. 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 fra indsættelse og frem til fravæning diegivningsfoder i forhold til den forsøgsgruppe, søerne indgik i. Alle søer i farestalden blev fodret individuelt via et Spotmix-anlæg, hvilket sikrede individuel afvejning og opblanding af tørfoderet. Foderet blev tildelt til hver enkelt sø ved hjælp af lufttryk, hvilket sikrede mod sammenblanding af foder til forskellige forsøgsgrupper. Over hvert fodernedfaldsrør var der monteret en cyklon, hvilket muliggjorde tør udfodring uden overtryk og støv i krybben. Alle søer havde fri adgang til vand via drikkenippel i truget, som var placeret i et stihjørne.

Grupper

Afprøvningen var designet som et dosis-responsforsøg og omfattede 6 forsøgsgrupper. Kun søer, der kom direkte fra drægtighedsstalden, blev inkluderet i afprøvningen. Udvælgelsen af søer blev foretaget af en tekniker fra SEGES Innovation ud fra kuldnummer og forventet faringsdato. Der var også et krav om, at søer i det seneste kuld havde fravænnet mere end 10 grise. Der indgik kun 1.-5. kuldssøer og de blev tilfældigt fordelt i blokke á 6 søer med samme kuldnummer. Der indgik 18 søer pr. uge fordelt på 3 søer pr. gruppe pr. uge.

Standardisering af kuld

I afprøvningsperioden var det gennemsnitlige antal levendefødte grise pr. kuld $20,3 \pm 3,9$ stk. (gennemsnit $\pm$ standardafvigelse), mens antallet af dødfødte grise var $1,66 \pm 2,25$ grise pr. kuld. Når pattegrisene havde fået råmælk, blev standardisering af kuld foretaget og afsluttet indenfor 24 timer efter faringen var afsluttet. Proceduren 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 ($1,33 \pm 0,17$ kg). I lighed med tidligere afprøvnninger indgik kun mellemstore og store grise for at sikre, at soens mælkeproduktion maksimeres (King et al., 1997; King, 2000; Vadmand et al., 2015). Årsagen til dette var, at den potentielt største effekt af at ændre på forholdet mellem fordøjeligt histidin og fordøjeligt lysin opnås, når mælkeproduktionen er maksimal. Når kuldet var standardiseret, måtte der ikke flyttes grise mellem kuldene frem til fravænning og fraflytning af grise måtte kun ske, hvis det blev vurderet, at fraflytning var nødvendig af hensyn til den enkelte gris' velfærd.

Foderblandinger og fodring

Fra indsættelse i farestalden fik søerne forsøgsfoderet beregnet til den gruppe, de var udvalgt til. Foderrecepterne var formuleret, så indholdet af alle råvarer var stort set ens i de 6 foderblandinger (Tabel 1). Ved optimering af blandingerne indgik 2 mineralske foderblandinger produceret og leveret fra Nutrimin, og for at rumme den ønskede mængde L-histidin blev iblandingsprocenten øget med 1 procentenhed i forhold til den mineralske foderblanding til kontrolgruppen – dette skete på bekostning af 1 procentenhed hvede. Foderblandingerne indholdt af energi, fordøjelige aminosyrer (med undtagelse af histidin), makro- og mikromineraler samt vitaminer blev holdt så tæt på konstant som muligt ved den samme iblandingsprocent af byg, havre, majs, sojaskrå, fibermix og sojaolie. Stigningen i fordøjeligt protein fra gruppe 1-6 var forårsaget af den stigende mængde tilsat L-histidin, idet de øvrige aminosyrer blev holdt konstante.

Ved alle udfodringer blev foderet blandet og afvejet til den individuelle so eller opblandet til flere søer, der skulle have samme foderblanding – i det tilfælde skete afvejningen af den samlede opblanding til hver enkelt so. Alle søer blev fodret individuelt og ud fra samme faste foderkurve (Appendiks 1). 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 samt at søer, der ikke fulgte foderkurven, kunne nedjusteres 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, idet en ekstra fodring blev indskudt kl. 16.00 (16.00-18.00). Den individuelle fodring med Spotmix-fodringsanlægget til alle farestier tog ca. 2 timer pr. udfodring, hvilket er årsagen til, at et tidsrum er angivet i parentes. De enkelte søer blev dog fodret omtrent samtidig i hvert af disse tidsintervaller.

Alle pattegrise blev fodret efter besætningen normale procedurer med indkøbt færdigfoder fra de var 4 dage gamle. 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, da der ikke er trug til pattegrise i farestierne.

Udtagning og analyse af foderprøver

Ved afprøvningens opstart blev der udtaget foderprøver de første 4 uger fra gruppe 1, 2 og 6. Indenfor 2 på hinanden følgende uger blev disse prøver indenfor hver enkelt gruppe sammenblandet og sendt til analyse. Der blev dermed analyseret 2 prøver pr. gruppe i løbet af de første 4 uger for at sikre, at indholdet af histidin steg gradvist og for at sikre, at de relativt lave iblandingsprocenter af den mineralske foderblanding i gruppe 2 blev opnået. Samtidig gav analyserne en kontrol af, at søerne i gruppe 1 ikke

fik ekstra L-histidin. Prøverne blev indsendt til Eurofins Steins Laboratorium A/S, og prøverne blev analyseret for indhold af alle aminosyrer, ekskl. methionin, cystin og tryptofan. Alle analyser blev gennemført som dobbeltbestemmelser.

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

	Gruppe					
	1	2	3	4	5	6
Råvarer, %						
Byg	42,19	42,19	42,19	42,19	42,19	42,19
Havre	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84
Hvede	10,00	9,80	9,60	9,40	9,20	9,00
Majs	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Sojaskrå	17,97	17,97	17,97	17,97	17,97	17,97
Sojaolie	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Fibermix ¹	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Mineralsk foderblanding (kontrol) ²	4,50	3,60	2,70	1,80	0,90	-
Mineralsk foderblanding (L-histidin) ^{2,3}	-	1,10	2,20	3,30	4,40	5,50
Beregnet indhold						
Energi, FEso pr. 100 kg	106,1	106,2	106,3	106,5	106,6	106,7
Beregnet protein- og aminosyreindhold, g fordøjeligt pr. FEso						
Ford. råprotein	121,79	122,75	123,7	124,65	125,6	126,55
Ford. lysin	7,94	7,93	7,92	7,92	7,91	7,90
Ford. methionin	2,47	2,47	2,47	2,46	2,46	2,46
Ford. methionin + cystin	4,54	4,53	4,53	4,52	4,52	4,52
Ford. treonin	5,00	4,99	4,99	4,98	4,98	4,97
Ford. tryptofan	1,56	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55
Ford. isoleucin	4,76	4,75	4,75	4,74	4,74	4,74
Ford. leucin	9,26	9,25	9,24	9,23	9,23	9,22
Ford. histidin	3,06	3,67	4,29	4,9	5,51	6,12
Ford. fenylalanin	5,92	5,92	5,91	5,91	5,91	5,90
Ford. valin	5,92	5,92	5,91	5,91	5,91	5,90
Beregnet indhold af mineraler						
Calcium, g pr. FEso	7,81	7,78	7,75	7,72	7,68	7,65
Fosfor, g ford. pr. FEso	3,30	3,29	3,29	3,28	3,28	3,27

¹ Besætningen anvendte VA Easy Fiber fra Vestjyllands Andel som fiberkilde.

² De mineralske foderblandinger blev leveret fra Nutrimin og bidrog med et indhold af følgende tilsætningsstoffer pr. kg foder: 12.000 i.e. vitamin A; 850 i.e. vitamin D₃; 850 i.e. 25-hydroxyvitamin D₃ (Hy-D); 174 i.e. vitamin E; 6,36 mg vitamin K₃; 3,18 mg vitamin B₁; 8,48 mg vitamin B₂; 5,3 mg vitamin B₆; 0,042 mg vitamin B₁₂; 84,4 mg niacin; 0,64 mg biotin; 42,4 mg pantotensyre; 5,3 mg folinsyre; 12 mg vitamin C; 380 mg betainhydroclorid (Excential Beta-Key, Orffa); 0,3 mia. CFU Bacillus Velezensis 15544 (Calsporin, Orffa); 1000 mg Mycosorb (Alltech); 100 mg bentonit; 1450 mg diatomejord og 700 FTU fytase (Natuphos E, BASF Animal Nutrition).

³ L-histidin indgik kun i denne mineralske foderblanding for at tilføje frit histidin uden at påvirke indholdet af andre aminosyrer.

Afprøvningsperioden omfattede 17 ugehold, og der blev for alle grupper udtaget i alt 6 foderprøver i løbet af perioden. Prøverne blev udtaget ved en foderventil beregnet til udtagning af foderprøver, idet ventilen ikke var i en faresti. Udtagningen skete 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). Ved afprøvnings afslutning blev der lavet samleprøver ved at blande en neddelt prøve á ca. 1 kg fra hver af de 6 udtagne prøver pr. gruppe. 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. Samleprøverne 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. tryptofan. 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). For grupperne 2, 3, 4 og 5 blev prøverne udelukkende anvendt til at kontrollere, at indholdet af histidin steg gradvist fra gruppe til gruppe og svarede til de forventede værdier – resultaterne fra disse grupper indgik ikke i de videre beregninger af det realiserede forhold mellem fordøjeligt histidin og lysin.

Registreringer

For alle søer, der indgik i afprøvningen, blev sonummer, kulddnummer, faringsdato samt levende- og dødfødte grise i kullet registreret. Ved standardisering og ved fravænnning blev soens vægt og rygspæktykkelse i P2 registreret. Duo-Scan:Go Plus (Kvægdyrlægerne Kronborg, Thisted) blev anvendt til måling af rygspæktykkelse, og via Wi-Fi blev en tablet anvendt til visuel kontrol af, at målingen omfattede alle 3 lag rygspæk. Selve aflæsningen af rygspæktykkelsen skete som beskrevet af Bruun et al. (2024).

Registreringerne vedrørende kullet omfattede følgende: dato for standardisering, antallet af grise ved standardisering (15 stk., men en so i gruppe 5 blev standardiseret med 14 grise, og en so i gruppe 3 blev standardiseret med 16 grise). Desuden blev kuldets vægt ved både standardisering og fravænnning 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 gennemsnitligt analyserede indhold af FEso pr. kg foder på tværs af de 6 grupper, blev foderoptagelsen omregnet fra kg til FEso. Da der kun blev analyseret energiindhold i 2 samleprøver pr. gruppe, blev det besluttet at anvende gennemsnittet på tværs af de 6 grupper, for at der indgår 12 analyser af energi i dette. Foderoptagelsen udtrykker det reelt udfodrede, men foderoptagelsen kan reelt være marginalt lavere på en given dag, da eventuelle foderrester ikke blev vejlet.

Foderprøver analyseret for gruppe 1 og 6 blev anvendt til beregning af forholdet mellem fordøjeligt histidin og lysin. Dette skete ved at beregne det gennemsnitligt analyserede indhold af histidin og lysin for de 2 grupper (Appendiks 2). Ved beregningen indgik en vægtning af de 2 analyserede prøver udtaget indenfor de første 4 uger af afprøvningen (vægtet 20 %) og de 2 samleprøver analyseret ved afprøvningens afslutning blev vægtet med de resterende 80 %. Ud fra forholdet mellem total aminosyrer/protein og fordøjelige aminosyrer/protein på de optimerede foderblandinger blev fordøjelighedskoefficienter for protein og hver enkelt aminosyre beregnet. Disse fordøjelighedskoefficienter blev anvendt til at omregne de analyserede indhold til fordøjeligt indhold, og ud fra det analyserede energiindhold (gennemsnitligt indhold på tværs af de 6 grupper) blev det analyserede indhold udtrykt som g fordøjeligt pr. FEso og sammenholdt med de forventede værdier ved beregning af variationskoefficienten (Appendiks 2). Beregning af det reelt tildelte forhold mellem fordøjeligt histidin og lysin blev udregnet for den enkelte so ved at beregne forholdet mellem de reelt

udfodrede mængder af henholdsvis den mineralske foderblanding (kontrol) og den mineralske foderblanding indeholdende L-histidin.

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.

Daglig kuldtilvækst 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 inkluderer dermed også den tilvækst, der opnås hos eventuelt døde og udtagne grise i løbet af diegivningsperioden, hvilket sikrer, at resultatet er den reelle daglige kuldtilvækst.

Dataredigering

Der indgik i alt 306 søer med kuld i afprøvningen, heraf måtte 18 søer udtages af forsøg på grund af sygdom eller død inden fravænning af det standardiserede kuld, disse var fordelt på 2, 4, 2, 2, 4 og 4 søer i henholdsvis gruppe 1, 2, 3, 4, 5 og 6. I den indledende datagennemgang blev mulige fejlregistreringer samt sammenhængen mellem kuldtilvækst, foderoptagelse, vægttab og rygspæktab vurderet. I tilfælde af usandsynlige værdier blev disse 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 i alt 288 søer i de statistiske analyser, heraf indgik 271 søer med kuld i de statistiske analyser af soens vægtændring fra standardisering til fravænning, fravænnede grise pr. fravænning, gennemsnitlig daglig kuldtilvækst og gennemsnitlig fravænningsvægt. I alt blev 17 søer slettet efter den indledende datagennemgang. De statistiske analyser af soens ændring i rygspæktykkelse fra standardisering til fravænning omfattede 252 søer. I det analyserede datasæt var fordelingen af søernes kuldnummer for de 6 grupper i følgende intervaller: 30,6-34,0 % 1. kuldssøer; 18,4-21,3 % 2. kuldssøer; 19,1-22,4 % 3. kuldssøer; 14,9-17,0 % 4. kuldssøer; og 8,5-12,8 % 5. kuldssøer, hvilket indikerer en god balance mellem antallet af søer af forskelligt kuldnummer i hver gruppe.

Statistik

Alle statistiske analyser blev udført i R version 4.5.1. Lineære mixed modeller (LMM) blev estimeret ved hjælp af lme4-pakken (version 2.0.1) 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 for de øvrige parametre. Her blev glmmTMB-pakken (1.1.14) 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 korrigeret for en tilfældig holdeffekt.

Splines blev modelleret ved hjælp af splines-pakken (version 4.5.1), og ved alle splines indgik det udfodrede forhold mellem de 2 mineralske foderblandinger for, at den modellerede spline tog højde for det reelt udfodrede forhold mellem fordøjeligt histidin og lysin til den enkelte so, da det på forhånd var besluttet, at det er mere optimalt end, at modellerne defineres på basis af soens gruppe. Vekselvirkning mellem gruppe og kuldgruppe (henholdsvis førstekuldssøer og øvrige søer) blev udført med en likelihood ratio test, og kun hvis p-værdien var under 0,01 blev vekselvirkningen inkluderet i den endelige model, hvilket ikke var tilfældet for de analyserede parametre.

Modeller blev desuden 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 fravænnning og for soens rygsækændring fra standardisering til fravænnning. Hvis p-værdien ikke var signifikant (hvilket var tilfældet for alle responsvariable), 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 (konstant effekt svarende til, at der ikke var en dosis-afhængig effekt af at øge forholdet mellem fordøjeligt histidin og lysin), for at afgøre, om den lineære effekt var signifikant forskellig fra nul. I de præsenterede figurer i resultatafsnittet er splines, rette linjer og linje med konstant effekt afbildet, og der indgår et 95 % konfidensinterval for den funktion, der bedst beskrev data. Ved p-værdier mindre end 0,05 blev de 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

Foderet uden tilsat histidin havde 9,4 % lavere indhold af histidin pr. FEso end forventet. Dette betød i praksis, at den gældende norm på 2,8 g fordøjeligt histidin pr. FEso blev ramt præcist, og derved medførte underindholdet, at forholdet mellem fordøjeligt histidin og lysin (36,3 %) blev afprøvet i et bredere interval end forventet, hvilket blot var en fordel. I gruppe 6 medførte underindholdet af histidin, at forholdet mellem fordøjeligt histidin og lysin var 72,8 %, hvilket var tæt på det planlagte (77,5 %) og langt over det forventede optimum. Det fundne underindhold tyder enten på, at råvarernes indhold af histidin har været en anelse lavere end de værdier, der indgår i Fodermiddeltabellen og dermed i foderoptimeringerne, eller at analyseusikkerhed medfører, at der findes mindre histidin end forventet.

Når det analyserede indhold af protein blev omregnet til fordøjeligt protein pr. FEso lå det for gruppe 1 og 6 henholdsvis 1,1 % og 5,5 % under det forventede (Appendiks 2). En medvirkende årsag til dette var, at foderblandingerne gennemsnitlige indhold af foderenheder på tværs af de 6 grupper lå 1,1 FEso pr. 100 kg højere end planlagt (107,5 FEso pr. 100 kg i forhold til det i gennemsnit planlagte 106,4 FEso pr. 100 kg). Samlet set medførte dette, at foderblandingen til gruppe 1 lå 2,9 g fordøjeligt protein pr. FEso under gældende norm (Sloth et al., 2026), mens gruppe 6 lå 3,9 g fordøjeligt protein pr. FEso over gældende norm (Sloth et al., 2026) efter, at der var korrigeret for tilsætningen af L-histidin.

Det planlagte indhold af lysin lå 2,5 % lavere i gruppe 1 og 1,3 % lavere end planlagt i gruppe 6. Når der blev omregnet til fordøjeligt lysin pr. FEso lå underindholdet i gruppe 1 på 3,7 % og for gruppe 6 på 2,0 %, men da der ved foderoptimeringen var indlagt en sikkerhedsmargin indeholdt foderet i gruppe 1 7,6 g fordøjeligt lysin pr. FEso og foderet i gruppe 6 indeholdt 7,7 g fordøjeligt lysin pr. FEso. Dette var dermed for begge grupper meget tæt på eller på den gældende norm for lysin på 7,7 g fordøjeligt lysin pr. FEso (Sloth et al., 2026), og dermed har de marginale afvigelser på lysin ikke haft indflydelse på resultatet.

Der blev ligesom i adskillige tidligere gennemførte afprøvninger (Højgaard et al., 2017a; Højgaard et al., 2017b, 2018; Bruun et al., 2022; Bruun et al., 2025) fundet et underindhold på methionin, da gruppe 1

lå 15,6 % lavere og gruppe 6 lå 10,6 % lavere end planlagt, og dette underindhold skyldes forventeligt en større analyseusikkerhed for methionin, idet underindholdet typisk findes i diegivningsfoder. Blandt øvrige aminosyrer var underindholdet af leucin i forhold til det planlagte størst, men fordøjeligt leucin udgjorde 110 % af fordøjeligt lysin i gruppe 1 og 116 % af fordøjeligt lysin i gruppe 6, så set i forhold til gældende norm på 108 % af fordøjeligt lysin (Sloth et al., 2026) havde underindholdet ingen betydning. Samlet set vurderes de fundne forskelle ikke at have påvirket afprøvningens resultater.

Deskriptivt overblik over søer og kuld, der indgik i afprøvningen

De 288 søer, der før den endelige dataredigering indgik i afprøvningen, fik i gennemsnit $20,34 \pm 3,92$ levendefødte grise pr. kuld og $1,66 \pm 2,25$ dødfødte grise pr. kuld. Antallet af fravænnede grise pr. kuld, som i standardiserede kuld er lig med den gennemsnitlige egenfravænnning, lå på $13,84 \pm 1,15$ grise pr. kuld. Tabel 2 opsummerer de deskriptive data, som beskriver søer og kuld, der indgik i de 6 grupper i afprøvningen.

Det skal bemærkes, at søerne i gruppe 6 havde en marginalt højere rygspæktykkelse end søerne i de øvrige grupper, men at der i en Wilcoxon-sammenligning af middelværdierne ikke blev fundet en signifikant forskel ($p = 0,34$). Tilsvarende viste Wilcoxon-sammenligningen af soens vægt ved standardisering, at der ikke var forskel mellem grupperne ($p = 0,63$), selvom gennemsnitsvægten for søer i gruppe 5 lå numerisk lavere end de øvrige grupper. På baggrund af dette forventes det, at disse numeriske forskelle ikke har påvirket resultaterne i væsentlig grad.

Tabel 2. Deskriptiv karakteristik af søer og kuld, der indgik i afprøvningen med stigende forhold mellem fordøjeligt histidin og lysin i diegivningsfoderet.¹

Parameter	Gruppe ²						
	1	2	3	4	5	6	Alle grupper
Søer							
Antal søer, stk.	49	47	49	49	47	47	288
Gennemsnitligt kuldnummer	2,53 ± 1,37	2,43 ± 1,33	2,57 ± 1,41	2,55 ± 1,35	2,55 ± 1,41	2,49 ± 1,33	2,52 ± 1,36
Levendefødte grise pr. kuld, stk.	20,39 ± 3,86	19,94 ± 4,11	19,76 ± 4,99	21,14 ± 4,38	20,91 ± 3,15	19,89 ± 2,44	20,34 ± 3,92
Dødfødte grise pr. kuld, stk.	1,67 ± 1,75	1,83 ± 2,65	2,31 ± 3,34	1,18 ± 1,38	1,45 ± 1,95	1,49 ± 1,82	1,66 ± 2,25
Soens vægt ved standardisering, kg	259 ± 45	249 ± 41	259 ± 44	255 ± 41	245 ± 38	254 ± 45	254 ± 42
Soens vægt ved fravænning, kg	249 ± 43	243 ± 39	248 ± 45	244 ± 41	236 ± 37	245 ± 44	244 ± 42
Soens rygspæktykkelse ved standardisering, mm	11,9 ± 3,0	11,7 ± 3,0	11,9 ± 3,3	11,4 ± 2,0	11,2 ± 2,6	12,6 ± 3,0	11,8 ± 2,9
Soens rygspæktykkelse ved fravænning, mm	10,0 ± 2,5	9,5 ± 2,4	9,6 ± 2,7	9,4 ± 2,1	8,9 ± 2,1	10,2 ± 2,9	9,6 ± 2,5
Antal diegivningsdage, dage	26,69 ± 1,82	26,51 ± 1,64	26,49 ± 1,76	26,53 ± 1,47	26,13 ± 1,85	26,15 ± 1,78	26,42 ± 1,72
Gennemsnitlig foderoptagelse, kg pr. dag	6,57 ± 0,39	6,49 ± 0,4	6,53 ± 0,33	6,46 ± 0,36	6,37 ± 0,44	6,52 ± 0,33	6,49 ± 0,38
Gennemsnitlig foderoptagelse, FEso pr. dag ³	7,06 ± 0,42	6,98 ± 0,43	7,02 ± 0,35	6,95 ± 0,38	6,85 ± 0,47	7,01 ± 0,36	6,98 ± 0,41
Total foderoptagelse fra standardisering til fravænning, kg	215 ± 14	213 ± 13	213 ± 14	212 ± 12	207 ± 17	212 ± 14	212 ± 14
Kuld							
Antal kuld, stk.	49	47	49	49	47	47	288
Antal grise ved kuldstandardisering, stk.	15,00 ± 0,00	15,00 ± 0,00	15,02 ± 0,14	15,00 ± 0,00	14,98 ± 0,15	15,00 ± 0,00	15,00 ± 0,08
Kuldets vægt ved standardisering, kg	20,17 ± 2,26	19,00 ± 2,45	19,95 ± 2,58	20,07 ± 2,50	19,90 ± 2,22	20,44 ± 2,79	19,93 ± 2,49
Antal grise ved fravænning, stk.	13,67 ± 1,36	13,83 ± 1,17	13,8 ± 0,98	13,65 ± 1,30	14,17 ± 1,03	13,91 ± 0,95	13,84 ± 1,15
Kuldets samlede fravænningsvægt, kg	97,4 ± 17,1	95,6 ± 12,1	96,2 ± 13,2	98,9 ± 13,5	97,0 ± 12,0	100,0 ± 12,5	97,5 ± 13,5
Fravænningsvægt pr. gris, kg	7,13 ± 1,08	6,93 ± 0,82	6,97 ± 0,79	7,26 ± 0,90	6,88 ± 0,97	7,18 ± 0,83	7,06 ± 0,91
Gennemsnitlig daglig kuldtilvækst, kg pr. dag	2,98 ± 0,56	2,97 ± 0,4	2,96 ± 0,42	3,07 ± 0,47	3,01 ± 0,47	3,12 ± 0,42	3,02 ± 0,46

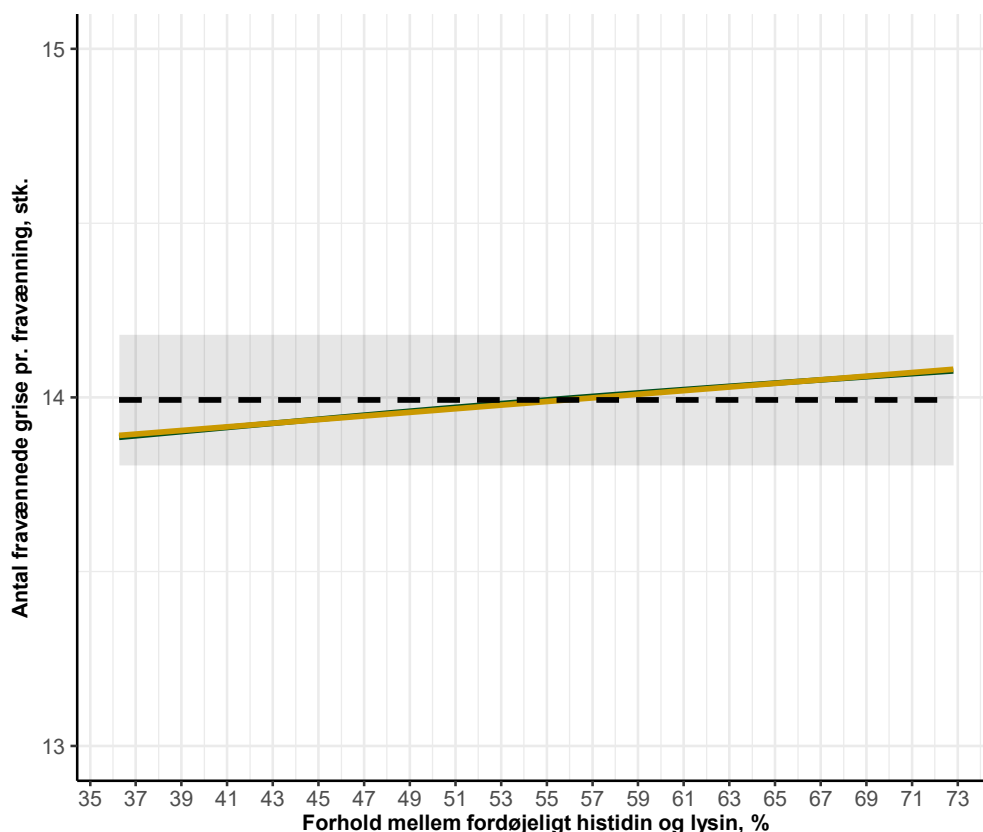
¹ Alle værdier er angivet som rå middelværdi ± standardafvigelse.

² Forholdene mellem fordøjeligt histidin og lysin var gruppe for gruppe følgende: Gruppe 1 (planlagt 38,5 %; realiseret 36,2 %), gruppe 2 (planlagt 46,3 %; realiseret 44,1 %), gruppe 3 (planlagt 54,2 %; realiseret 50,3 %), gruppe 4 (planlagt 61,9 %; realiseret 58,7 %), gruppe 5 (planlagt 69,7 %; realiseret 71,0 %) og gruppe 6 (planlagt 77,5 %; realiseret 72,8 %).

³ Omregningen fra kg til foderenheder (FEso) skete ved at gange foderforbruget i kg med 1,07457 FEso pr. kg foder (det gennemsnitlige energiindhold på tværs af de 6 grupper (baseret på 2 dobbeltbestemmelser pr. gruppe; Appendix 2).

Forholdet mellem fordøjeligt histidin og lysin i diegivningsfoder påvirkede ikke antallet af fravænnede grise pr. fravænning

Stigende forhold mellem fordøjeligt histidin og lysin påvirkede ikke antallet af fravænnede grise pr. fravænning (Figur 1). Når effekten blev estimeret med en spline, var forløbet af denne spline ikke forskellig fra en ret linje ($p = 0,951$), hvilket samlet set leder til konklusionen, at et øget forhold mellem fordøjeligt histidin og lysin ikke fik søerne til at passe flere grise frem til fravænning, da hældningen på den rette linje ikke var forskellig fra nul ($p = 0,298$).

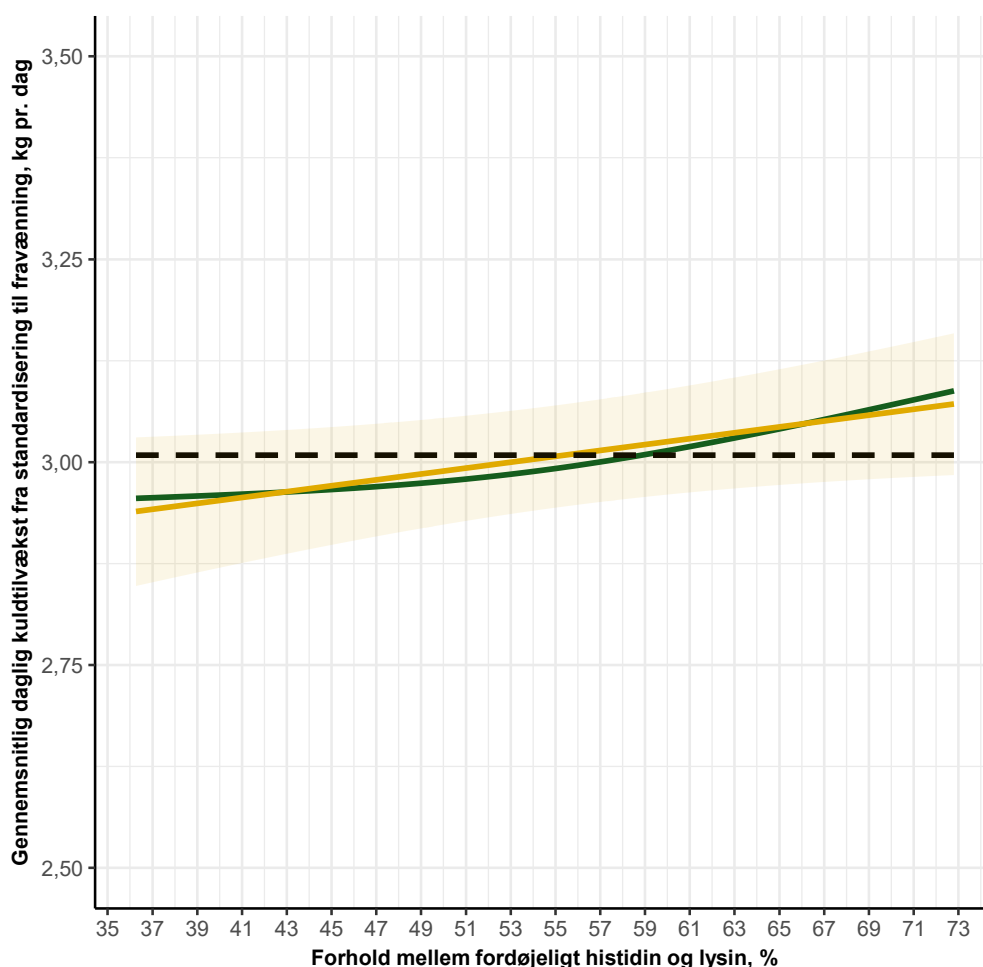


Figur 1. Sammenhæng mellem forholdet af fordøjeligt histidin og lysin i diegivningsfoderet og antallet af fravænnede grise pr. fravænnning i standardiserede kuld. Forløbet af den modellerede spline-funktion (—) var ikke forskellig fra ($p = 0,951$) den modellerede lineære funktion (---). Hældningen på den modellerede lineære funktion (---) var ligeledes ikke forskellig fra nulfunktionen (—), det tilhørende 95 % konfidensinterval er illustreret (). Da den lineære funktion ikke var forskellig fra nulfunktionen som antager, at der ikke var en behandlingseffekt ($p = 0,298$), hvilket samlet set leder til konklusionen, at uanset forholdet af fordøjeligt histidin og lysin i diegivningsfoderet, så ændrede dette ikke på antallet af fravænnede grise pr. fravænnning.

I et mindre forsøg med 3 grupper og i alt 88 søer fandt Jenkins et al. (2025) tilsvarende, at når diegivningsfoderets forhold mellem fordøjeligt histidin og lysin blev øget fra 40 til henholdsvis 50 og 60 %, så påvirkede dette hverken antallet af grise i kullet 2, 7 eller 17 dage efter faring, hvilket understreger, at et øget forhold mellem fordøjeligt histidin og lysin ikke får søerne til at passe flere grise frem til fravænnning.

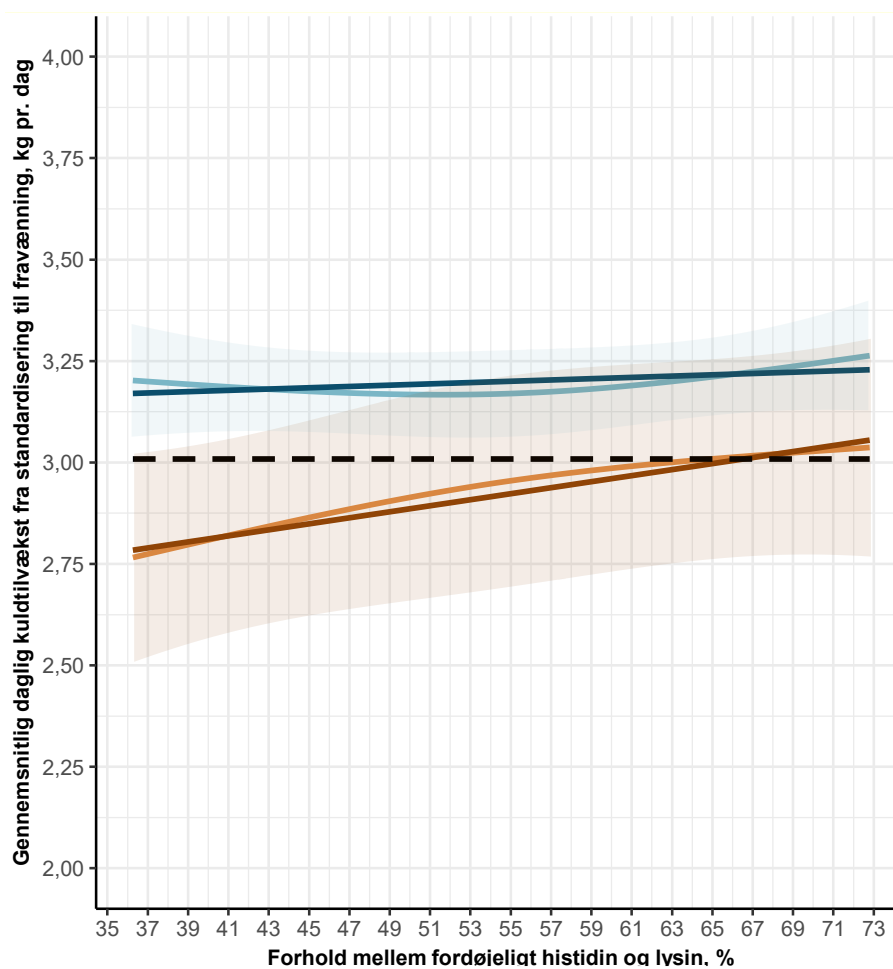
Positiv effekt af øget forhold mellem fordøjeligt histidin og lysin i diegivningsfoder på den daglige kuldtilvækst

Et stigende forhold mellem fordøjeligt histidin og lysin i diegivningsfoderet medførte en statistisk sikker højere daglig kuldtilvækst ($p = 0,041$; Figur 2). Den estimerede spline beskrev ikke data bedre end en ret linje ($p = 0,569$). Samlet kan det således konkluderes, at et stigende forhold mellem fordøjeligt histidin og lysin øger soens mælkeproduktion, da der er en stærk korrelation mellem pattegrisenes optagelse af mælk og den opnåede daglige kuldtilvækst (Højgaard et al., 2020). Hældningskoefficienten for den rette linje i Figur 2 var beskedne 0,004, hvilket betyder, at hver gang forholdet mellem fordøjeligt histidin og lysin øges med 1 procentpoint, så øges den daglige kuldtilvækst med 4 g pr. dag.



Figur 2. Sammenhæng mellem forholdet af fordøjeligt histidin og lysin i diegivningsfoderet og den gennemsnitlige daglige kuldtilvækst fra standardisering til fravæning. Forløbet af den modellerede spline-funktion (—) med tilhørende konfidensinterval var ikke forskellig fra ($p = 0,569$) den modellerede lineære funktion (—), og det tilhørende 95 % konfidensinterval er angivet (). Hældningen på den modellerede lineære funktion (—) var statistisk sikker ($p = 0,041$) forskellig fra nulfunktionen (—), og det konkluderes derfor, at et stigende forhold mellem fordøjeligt histidin og lysin øger den daglige kuldtilvækst, og hældningskoefficienten viser, at for hver procentenhed forholdet øges, så stiger kuldtilvæksten med 4 g pr. dag.

Ovenstående Figur 2 viser resultaterne for den gennemsnitlige sø, men der er forskel på mælkeproduktionen hos førstekuldssøer sammenlignet med øvrige søer. Det blev derfor undersøgt om der var forskelligt respons på diegivningsfoderets forhold mellem fordøjeligt histidin og lysin på den daglige kuldtilvækst. Analysen viste, at den primære årsag til den statistisk sikre effekt af forholdet mellem fordøjeligt histidin og lysin skyldes førstekuldssøerne, idet en forøgelse af forholdet mellem fordøjeligt histidin og lysin med en procentenhed øgede den daglige kuldtilvækst med 7 g pr. dag ($p = 0,012$; Figur 3). For søer i 2.-5. kuld var der ikke nogen effekt af forholdet mellem fordøjeligt histidin og lysin på den daglige kuldtilvækst ($p = 0,467$). I begge tilfælde beskrev de estimerede splines ikke data bedre end estimerede lineære funktioner ($p \geq 0,340$). Da de færreste besætninger kan fodre førstekuldssøer og øvrige søer med forskellige foderblandinger, hvilket også ville kræve forskellige mineralske foderblandinger, er formålet med Figur 3 mest af alt at illustrere den forskel, der er på førstekuldssøerne og de ældre søer i forhold til daglig kuldtilvækst. Den forskel er fundet i adskillige tidligere afprøvninger (Højgaard et al., 2017a; Højgaard et al., 2017b; Strathe et al., 2017), og forklares ved, at førstekuldssøerne endnu ikke er fuldt udviklet og at deres mælkeproduktion dermed ikke er maksimal i første kuld.



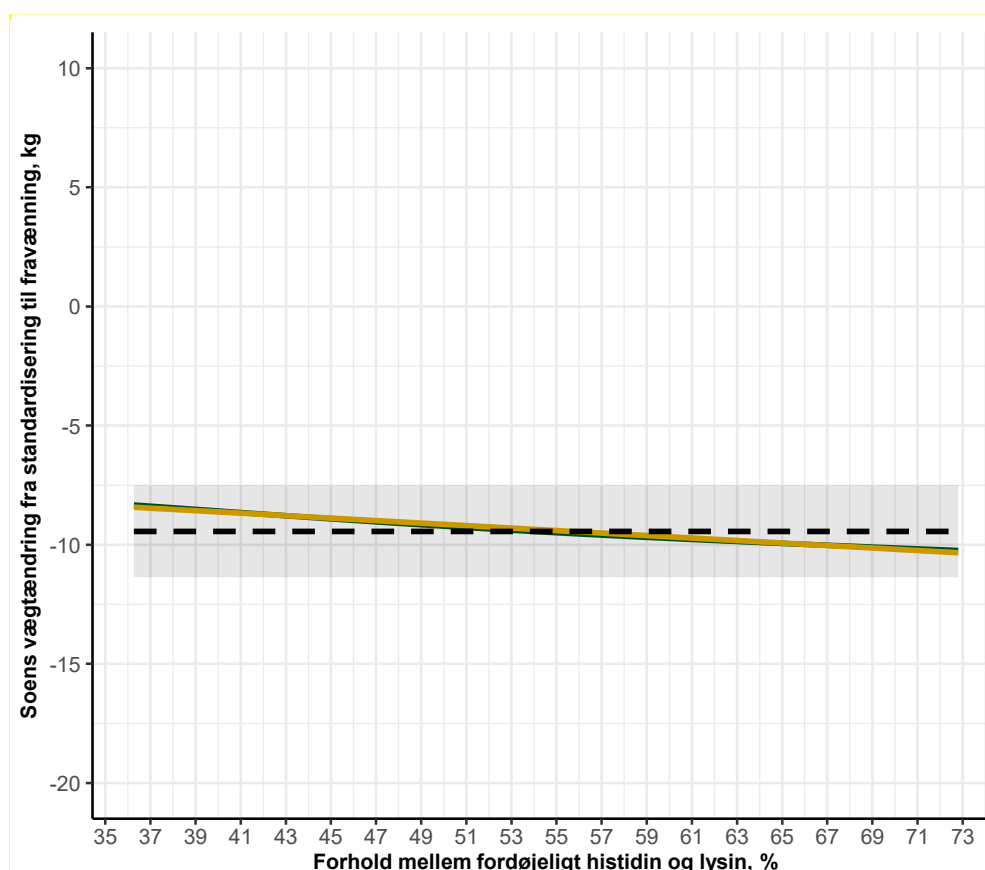
Figur 3. Sammenhæng mellem forholdet af fordøjeligt histidin og lysin i diegivningsfoderet og den gennemsnitlige daglige kuldtillvækst fra standardisering til fravænnning for henholdsvis førstekuldssøer og øvrige søer. Forløbet af den modellerede spline-funktion for førstekuldssøer (—) med tilhørende 95 % konfidensinterval () var ikke forskellig fra ($p = 0,584$) den modellerede lineære funktion (—), men denne var forskellig ($p = 0,012$) fra nulfunktionen (—). For 2.-5. kuldssøerne var forløbet af den modellerede spline-funktion for førstekuldssøer (—) med tilhørende 95 % konfidensinterval () ikke ($p = 0,340$) forskellig fra den modellerede lineære funktion (—) og heller ikke forskellig ($p = 0,463$) fra nulfunktionen (—). Overordnet set er det derfor førstekuldssøerne, som bidrager til den signifikante effekt af forholdet mellem fordøjeligt histidin og lysin illustreret i Figur 2.

Når resultatet sammenlignes med forsøget udført af Jenkins et al. (2025), så blev der i det amerikanske forsøg med 3 niveauer af fordøjeligt histidin fundet en høj kuldtillvækst på tværs af grupperne (3,22-3,40 kg pr. dag fra dag 2 til 17), men der blev ikke fundet statistisk sikre effekter af foderets forhold mellem fordøjeligt histidin og lysin på kuldtillvæksten. Dog blev der fundet en tendens ($p = 0,086$) til lineær effekt, men baseret på kun 3 grupper skal denne ikke tillægges for meget værdi.

Forholdet mellem fordøjeligt histidin og lysin i diegivningsfoder påvirkede ikke søernes vægttab

Diegivningsfoderets forhold mellem fordøjeligt histidin og lysin påvirkede ikke søernes vægttab fra standardisering til fravænnning ($p = 0,322$; Figur 4). Den estimerede spline beskrev ikke data bedre end en ret linje ($p = 0,910$), hvilket leder til den konklusion, at forøgelse af foderets indhold af histidin alene ikke kan reducere søernes mobilisering, hvilket også var forventet.

I et amerikansk studie, hvor forholdet mellem fordøjeligt histidin og lysin blev afprøvet, og hvor søerne blev fodret ad libitum i diegivningsperioden tabte søerne kun 1,8-4,3 kg i løbet af 17 diegivningsdage, og der blev opnået en foderoptagelse på 6,9-7,2 kg foder pr. dag (Jenkins et al., 2025), hvilket var markant højere end i nærværende afprøvning (Tabel 2). Det er ikke overraskende, at en øget foderstyrke reducerer søernes mobilisering, da det også tidligere er påvist under danske forhold (Bruun et al., 2017).

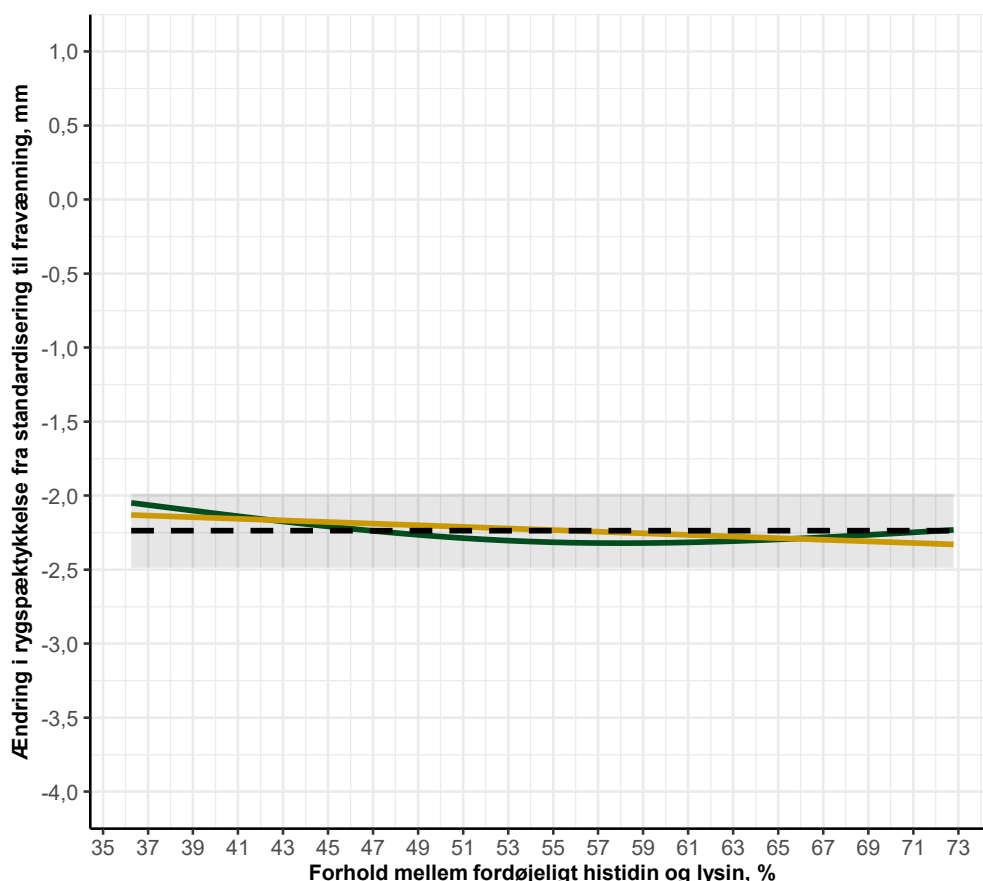


Figur 4. Sammenhæng mellem forholdet af fordøjeligt histidin og lysin i diegivningsfoderet og søernes vægtændring fra standardisering til fravænning. Forløbet af den modellerede spline-funktion (—) var ikke forskellig fra ($p = 0,910$) den modellerede lineære funktion (---). Hældningen på den modellerede lineære funktion (---) var ligeledes ikke forskellig ($p = 0,322$) fra nulfunktionen (—) med tilhørende 95 % konfidensinterval (). Samlet set leder det til konklusionen, at uanset forholdet af fordøjeligt histidin og lysin i diegivningsfoderet, så ændrede dette ikke på søernes vægtændring fra standardisering til fravænning.

Forholdet mellem fordøjeligt histidin og lysin i diegivningsfoder påvirkede ikke søernes mobilisering af rygsæk

Forholdet mellem fordøjeligt histidin og lysin i diegivningsfoderet havde ingen indflydelse på søernes mobilisering af rygsæk ($p = 0,392$; Figur 5). Data blev ikke fittet bedre ved brug af en spline sammenlignet med en ret linje ($p = 0,389$), og hældningen på den rette linje var ikke signifikant forskellig fra nulfunktionen, og bekræfter dermed, at forholdet mellem fordøjeligt histidin og lysin i det afprøvede interval ikke påvirker søernes mobilisering af rygsæk.

I førnævnte amerikanske forsøg tabte søerne som følge af en meget høj foderoptagelse kun 1,0-1,7 mm rygsæk fra indsættelse i farestalden og frem til fravænning (Jenkins et al., 2025), hvilket igen vidner om, at en høj foderoptagelse ganske effektivt kan reducere søernes huldtab, hvilket også tidligere er påvist under danske forhold (Bruun et al., 2017). Da det også tidligere er fundet, at søer typisk taber omkring 0,7-1,0 mm rygsæk fra indsættelse i farestalden og frem til faring (Strathe et al., 2017), understreger det, at søerne i det amerikanske studie stort set har gennemført en diegivningsperiode uden at mobilisere rygsæk efter faringen.



Figur 5. Sammenhæng mellem forholdet af fordøjeligt histidin og lysin i diegivningsfoderet og søens ændring i rygpæktykkelse fra standardisering til fravænning. Forløbet af den modellerede spline-funktion (—) var ikke forskellig fra ($p = 0,389$) den modellerede lineære funktion (—). Hældningen på den modellerede lineære funktion (—) var ligeledes ikke forskellig ($p = 0,392$) fra nulfunktionen (—) med tilhørende konfidensinterval (■). Derfor havde forholdet af fordøjeligt histidin og lysin i diegivningsfoderet ingen betydning for søernes mobilisering af rygpæk i løbet af diegivningsperioden

Implementering af afprøvningens resultater under praktiske forhold

Samlet set havde forholdet mellem fordøjeligt histidin og lysin i diegivningsfoderet kun indflydelse på den daglige kuldtilvækst, og ved at øge forholdet med 1 procentenhed kunne der opnås 4 g højere kuldtilvækst pr. dag, hvilket skal ses i forhold til, at den gennemsnitlige daglige kuldtilvækst på tværs af alle kuld var 3,02 kg pr. dag (Tabel 2). At effekten er signifikant er interessant, men den meget lave margineffekt understreger, at histidin kun er marginalt begrænsende for daglig kuldtilvækst i gældende Normer for Næringsstoffer (Sloth et al., 2026). Normen for histidin på 2,8 g fordøjeligt pr. FEso eller 36,36 % af lysin blev fastlagt på baggrund af et stort aminosyreforsøg, hvor det ikke kunne afgøres, om det var forholdet mellem fordøjeligt leucin, isoleucin eller histidin i forhold til lysin, der gav knæpunktet for kuldtilvækst (Højgaard et al., 2017b), men blot konstateres, at hvis fordøjeligt histidin udgjorde 36,36 % af fordøjeligt lysin, så blev kuldtilvæksten maksimeret.

Under praktiske forhold er foderprisen og værdien af den ekstra kuldtilvækst afgørende for, hvorvidt det er økonomisk interessant at øge forholdet mellem fordøjeligt histidin og lysin. I Tabel 3 er der gennemført modelberegninger baseret på 5 års gennemsnit for råvarepriser, 5 års gennemsnit for værdien af 1 kg ekstra fravænnet gris samt et estimeret foderforbrug på 230 kr. for hver diegivende so fra indsættelse i farestalden og frem til fravænning. I de valgte scenarier er der regnet på effekten af at øge forholdet mellem fordøjeligt histidin og lysin fra 37,9 % til henholdsvis 45,0, 50,0 og 55,0 %. Scenariene er beregnet ved brug af henholdsvis L-histidin i fri form eller ved at øge histidin ved brug af afskallet sojaskrå. Det er vigtigt at bemærke, at forholdet blev øget med udgangspunkt i gældende norm på 7,7 g fordøjeligt lysin pr. FEso, og ved brug af afskallet sojaskrå som kilde til histidin fås et overindhold af fordøjeligt lysin, uden at alle aminosyrer følger med i samme takt. Det illustrerer blot, at hvis man øger

fordøjeligt histidin ved hjælp af afskallet sojaskrå, så opnås en aminosyreprofil, som bliver mindre og mindre velegnet til diegivende søer, idet store mængder overskudsprotein skal håndteres af soen.

Tabel 3. Samlet økonomisk effekt af at øge forholdet mellem fordøjeligt histidin og lysin til henholdsvis 45,0, 50,0 og 55,0 % ved brug af enten L-histidin eller afskallet sojaskrå.^{1,2}

	Scenarie						
	Reference	1	2	3	4	5	6
Metode for at ændre forhold mellem fordøjeligt histidin og lysin							
Tilsætning af L-histidin		x	x	x			
Tilsætning af ekstra sojaskrå					x	x	x
Forhold mellem fordøjeligt histidin og lysin, %	37,9 ³	45,0	50,0	55,0	45,0	50,0	55,0
Fodersammensætning							
Byg	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00
Hvede	30,34	30,28	30,24	30,20	24,07	19,47	14,77
Sojaskrå, afskallet	18,57	18,57	18,57	18,57	24,98	29,56	34,16
Palmeolie	2,51	2,50	2,50	2,50	2,80	3,00	3,21
L-histidin	-	0,06	0,10	0,14	-	-	-
Mineralsk foderblanding							
Beregnet indhold							
Energi, FEso pr. 100 kg	108	108	108	108	108	108	108
Ford. råprotein, g fordøjeligt pr. FEso	118	119	119	119	135	148	161
Ford. lysin, g fordøjeligt pr. FEso	7,70	7,70	7,70	7,70	7,70	8,17	9,14
Ford. histidin, g fordøjeligt pr. FEso	2,92	3,47	3,85	4,24	3,47	3,85	4,24
Foderomkostning							
Pris pr. 100 FEso, kr.	227,44	233,90	238,49	243,09	233,92	239,85	246,82
Foderpris pr. diegivningsperiode ved 230 FEso, kr.	523,11	537,97	548,53	559,11	538,02	551,66	567,69
Kuldtilvækst							
Forventet forøgelse af kuldtilvækst ved 26 diegivningsdage, kg. pr. kuld	-	0,74	1,26	1,78	0,74	1,26	1,78
Økonomisk værdi af forøget kuldtilvækst, kr. pr. kuld	-	9,10	15,52	21,93	9,10	15,52	21,93
Samlet økonomisk værdi							
Værdi af daglig kuldtilvækst korigeret for forøget foderpris, kr. pr. kuld	-	-5,75	-9,90	-14,07	-5,80	-13,03	-22,65

¹ Foderrecepterne er, med undtagelse af L-histidin, baseret på 5-årspriser for fodermidler. Følgende priser blev anvendt ved optimering: Byg (179 kr. pr. 100 kg), hvede (186 kr. pr. 100 kg), Sojaskråfoder (336 kr. pr. 100 kg), palmeolie (932 kr. pr. 100 kg); L-lysin (HCl; 1.336 kr. pr. 100 kg), DL-methionin (1.999 kr. pr. 100 kg), L-treonin (1.404 kr. pr. 100 kg), L-tryptofan (6.243 kr. pr. 100 kg), L-valin (3.143 kr. pr. 100 kg), monocalciumfosfat (953 kr. pr. 100 kg), foderkridt (100 kr. pr. 100 kg) og fodersalt (100 kr. pr. 100 kg). For alle øvrige råvarer var indholdet ens mellem de formulerede blandinger. Prisen for L-histidin er sat til 12.000 kr. pr. 100 kg (oplyst af Nutrimin).

² Værdien af 1 kg fravænningsvægt er sat til 12,33 kr. (5 års gennemsnit fra den beregnede notering fra uge 26 i 2021 til uge 26 i 2026).

³ Gældende norm forudsætter, at diegivningsfoder skal indeholde 2,8 g fordøjeligt histidin svarende til 36,36 % af foderets indhold af fordøjeligt lysin (Sloth et al., 2026), men anvendelsen af både byg og hvede medfører, at der i referenceblandingen var 2,92 g fordøjeligt histidin svarende til de 37,9 % af fordøjeligt lysin.

Det økonomiske potentiale er jævnfør Tabel 3 ikke eksisterende, fordi foderprisen stiger så meget hurtigere end effekten på daglig kuldtilvækst kan betale for. Tilsætning af L-histidin til foderet er trods en høj pris (oplyst pris på 12.000 kr. pr. 100 kg) stadig billigere end at anvende afskallet sojaskrå, men ingen af delene giver en bedre økonomi pr. kuld end at følge gældende norm.

Der er intet i den gennemførte afprøvning, der dokumenterer, om forholdet mellem fordøjeligt histidin og lysin kunne reduceres til mindre end 36,36 %, og det ville have krævet brug af en semi-syntetisk foderblanding med mange flere frie aminosyrer at have undersøgt dette. På baggrund af det tidligere gennemførte forsøg (Højgaard et al., 2017b) anbefales det dog, at uanset hvilket niveau af fordøjeligt lysin, der anvendes, så bør fordøjeligt histidin udgøre 36,36 % af dette. Dermed sikres det bedst muligt, at aminosyreprofilen afspejler soens behov.

Konklusion

Afprøvningen blev gennemført som et dosis-responsforsøg med 6 forskellige forhold mellem fordøjeligt histidin og lysin til diegivende søer, og forholdet blev undersøgt i intervallet 36,3-72,8 % ved tilsætning

af L-histidin til den ene af 2 mineralske foderblandinger. Den overordnede fodersammensætning blev holdt konstant med undtagelse af, at 1 % hvede blev taget ud for, at der var plads til tilsætningen af L-histidin. Der indgik i alt 271 søer fordelt på de 6 grupper i afprøvningen, som blev gennemført med løsgående diegivende søer.

Forholdet mellem fordøjeligt histidin og lysin havde ingen effekt på antallet af fravænnede pr. fravænning eller på søernes vægtændring og rygspækændring fra standardisering til fravænning, når diegivningsfoderet blev tildelt fra 5 dage før forventet faring. Når forholdet mellem fordøjeligt histidin og lysin blev øget, var der en lineær sammenhæng i forhold til den daglige kuldtilvækst ved et stigende forhold. Effekten var marginal, idet 1 procentpoints forøgelse af forholdet mellem fordøjeligt histidin og lysin kun øgede den daglige kuldtilvækst med 4 g pr. dag.

Baseret på afprøvningens resultater, bør forholdet mellem fordøjeligt histidin og lysin fastholdes på 36,4 %, som i gældende Normer for Næringsstoffer. Økonomiske scenarieberegninger med 5-årspriser viste, at uanset om forholdet blev forøget ved brug af L-histidin eller afskallet sojaskrå, så medførte ønsket om at øge den daglige kuldtilvækst marginalt, at totaløkonomien pr. fravænnet kuld blev kraftigt forringet, idet tabet pr. kuld udgjorde 5,75-22,65 kr., når forholdet mellem fordøjeligt histidin og lysin blev øget i intervallet 45,0-55,0 %.

Referencer

- Boldyrev, A.A.; Aldini, G.; Derave, W. (2013): Physiology and Pathophysiology of Carnosine. *Physiological Reviews*. 93:1803-1845.
- 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.
- Bruun, T.S.; Strathe, A.V.; Bache, J.K. (2022): Hyppige og langsomme udfodringer i farestalden øgede ikke den daglige kuldtilvækst. Meddelelse nr. 1249, SEGES Innovation.
- Bruun, T.S.; Strathe, A.V.; Jensen, S.K.; Pelck, J.S. (2025): Effekt af stigende mængder omega-3 fedtsyrer fra hørfrø til diegivende søer på antal fravænnede grise og daglig kuldtilvækst. Meddelelse nr. 1319, SEGES Innovation.
- Bruun, T.S.; Strathe, A.V.; Krogsdahl, J. (2017): Effekt af foderstyrke og kuldstørrelse på kuldtilvækst og søernes vægttab. Meddelelse nr. 1118, SEGES Svineproduktion.
- Cai, Q.; Takemura, G.; Ashraf, M. (1995): Antioxidative properties of histidine and its effect on myocardial injury during ischemia/reperfusion in isolated rat heart. *Journal of Cardiovascular Pharmacology*. 25:147-155.
- 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
- Feigelson, M. (1968): Estrogenic Regulation of Hepatic Histidase during Postnatal Development and Adulthood. *Journal of Biological Chemistry*. 243:5088-5093.
- 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: 1-12.
- Holeček, M. (2020): Histidine in Health and Disease: Metabolism, Physiological Importance, and Use as a Supplement. *Nutrients*. 12:848.

- Højgaard, C.K.; Bruun, T.S.; Hansen, C.F. (2017a): Ændring af aminosyreprofil sparer protein til diegivende søer. Meddelelse nr. 1110, SEGES Svineproduktion.
- Højgaard, C.K.; Theil, P.K.; Bruun, T.S. (2017b): Ny aminosyreprofil til diegivende søer reducerer behovet for protein. Meddelelse nr. 1122, SEGES Svineproduktion.
- Højgaard, C.K.; Theil, P.K.; Bruun, T.S. (2018): Respons af lysin til diegivende søer ved konstant proteinniveau. Meddelelse nr. 1151, SEGES Svineproduktion.
- Jabłowska, C.; Piechocki, D.; Wołos, A. (1985): Swine uterus carnosinase activity in oestrous cycle and early pregnancy. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*. 80:381-383.
- Jenkins, A.K.; Spinler, M.S.; Woodworth, J.C.; Gebhardt, J.T.; Goodband, R.D.; Tokach, M.D.; DeRouchey, J.M.; Gaffield, K.N.; Haydon, K.D. (2025): The effect of increasing standardized ileal digestible histidine:lysine ratio during lactation on sow and litter performance. *Journal of Animal Science*. 103:skaf290.
- Kim, S.W.; Mateo, R.D.; Yin, Y.L.; Wu, G. (2006): Functional Amino Acids and Fatty Acids for Enhancing Production Performance of Sows and Piglets. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*. 20:295-306.
- 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.
- NRC (2012): *Nutrient Requirements of Swine*. 11. udgave, National Research Council, Subcommittee on Swine Nutrition, Committee on Animal Nutrition, pp. 400.
- Pan, B.; Chai, J.; Fei, K.; Zheng, T.; Jiang, Y. (2024): Dynamic changes in the transcriptome and metabolome of pig ovaries across developmental stages and gestation. *BMC Genomics*. 25:1193.
- Petersen, L.; Minkkinen, P.; Esbensen, K.H. (2005): Representative sampling for reliable data analysis: Theory of Sampling. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*. 77:261-277.
- Roberts, P.R.; Zaloga, G.P. (2000): Cardiovascular effects of carnosine. *Biochemistry (Moscow)*. 65:856-861.
- Sloth, N.M.; Bruun, T.S.; Blaabjerg, K.; Krogh, U.P.; Sødring, T.; Tybirk, P. (2026): Normer for næringsstoffer. 36. Udgave, SEGES Innovation.
- Song, B.C.; Joo, N.S.; Aldini, G.; Yeum, K.J. (2014): Biological functions of histidine-dipeptides and metabolic syndrome. *Nutrition Research and Practice*. 8:3-10.
- Strathe, A.V.; Bruun, T.S.; Hansen, C.F. (2017): Sows with high milk production had both a high feed intake and high body mobilization. *Animal*. 11:1913-1921.
- Saadati, S.; Kabthamer, R.H.; Aldini, G.; Mousa, A.; Feehan, J.; de Courten, B. (2024): Effects of carnosine and histidine-containing dipeptides on biomarkers of inflammation and oxidative stress: a systematic review and meta-analysis. *Nutrition Reviews*. 82:1696-1709.
- Uppal, S.; Salhotra, S.; Mukhi, N.; Zaidi, F.K.; Seal, M.; Dey, S.G.; Bhat, R.; Kundu, S. (2015): Significantly Enhanced Heme Retention Ability of Myoglobin Engineered to Mimic the Third Covalent Linkage by Nonaxial Histidine to Heme (Vinyl) in *Synechocystis* Hemoglobin. *Journal of Biological Chemistry*. 290:1979-1993.

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.

van Milgen, J.; Le Floch, N. (2021): 8 Functional Role of Histidine in Diets of Young Pigs. *Journal of Animal Science*. 99:13-13.

Wu, G.; Knabe, D.A. (1994): Free and Protein-Bound Amino Acids in Sow's Colostrum and Milk. *The Journal of Nutrition*. 124:415-424.

Deltagere

Ansvarlig tekniker: Ann Freja Mørch Jensen

Teknikere: Erik Jeppesen, Hanne Nissen

Andre deltagere: Jeanett Snitgaard Pelck, Statistik og Analyser, SEGES Innovation P/S og Claus Vestergaard, Statistik og Analyser, SEGES Innovation P/S.

Øvrig information

Afprøvning nr. 2022

Sagsnummer.: 1011271

Journalnummer på dyreforsøgstilladelse omfattende Københavns Universitets aktiviteter i besætningen: 2025-83909

Besætningen, 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 osv.

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 aminosyrer samt beregnet indhold af fordøjelige mængder af aminosyrer i diegivningsfoder anvendt til gruppe 1 og 6.^{1,2}

Indhold	Gruppe 1			Gruppe 6		
	Planlagt	Analyseret	Afvigelse, % ³	Planlagt	Analyseret	Afvigelse, % ³
Kemisk indhold, %						
Protein	15,29	14,64	-4,25	15,87	15,81	-0,38
Tørstof	86,24	87,00	0,88	86,30	87,05	0,87
Fedt	5,14	4,65	-9,53	5,14	4,75	-7,59
Aske	6,34	5,65	-10,88	5,94	5,55	-6,57
Energiindhold						
FEso pr. 100 kg	106,09	106,95	0,81	106,7	107,7	0,94
Aminosyreindhold, total g pr. kg						
Lysin	9,6	9,36	-2,49	9,61	9,48	-1,31
Methionin	2,9	2,48	-14,48	2,9	2,61	-10,00
Cystin	2,72	2,62	-3,68	2,72	2,74	0,74
Treonin	6,33	6,08	-4,00	6,34	6,38	0,69
Isoleucin	5,91	5,69	-3,74	5,92	6,03	1,93
Leucin	11,44	10,56	-7,69	11,45	11,27	-1,57
Histidin	3,78	3,47	-8,25	7,07	6,56	-7,26
Fenylalanin	-	6,40	-	-	7,35	-
Arginin	-	8,74	-	-	9,27	-
Valin	7,22	6,92	-4,16	7,23	7,28	0,68
Beregnet aminosyreindhold, g fordøjeligt pr. FEso						
Lysin	7,94	7,6	7,94	7,90	7,70	-2,00
Methionin	2,47	2,10	2,47	2,50	2,20	-10,6
Cystin	2,07	2,00	2,07	2,10	2,10	0,00
Treonin	5,00	4,70	5,00	5,00	5,00	0,00
Isoleucin	4,76	4,50	-5,00	4,70	4,80	1,20
Leucin	9,26	8,40	-8,90	9,20	9,00	-2,30
Histidin	3,06	2,80	-9,40	6,10	5,60	-7,90
Fenylalanin	-	-	-	-	-	-
Valin	5,61	5,30	-5,40	5,60	5,60	0,00
Beregnet proteinindhold, g fordøjeligt protein pr. FEso						
Protein	121,79	115,10	-5,50	126,60	125,20	-1,10

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

² De analyserede værdier omfatter 2 dobbeltbestemmelser af kemisk indhold, energiindhold, indhold af aminosyrer fra 2 samleprøver dannet fra foder udtaget i løbet af hele afprøvningen pr. gruppe som er vægtet 80 % samt 2 dobbeltbestemmelser af aminosyrer fra samleprøver udtaget indenfor den første måned af afprøvning, disse er vægtet med 20 %.

³ Afvigelsen er udtrykt som afvigelsen i % af den planlagte værdi (variationskoefficienten).