

Udpegning af de mest begrænsende aminosyrer til smågrise

Niels Morten Sloth, Sally Veronika Hansen og Jeanett Snitgaard Pelck

SEGES Innovation P/S, Den rullende Afprøvning

STØTTET AF

Svineafgiftsfonden

Hovedkonklusion

Ekstra tilsætning af lysin, methionin og treonin udover idealproteinforholdet er tilstrækkeligt til at opnå en forbedring af produktionsresultaterne. Ekstra tilsætning af lysin til smågrisefoder bør ske med lysinhydroklorid, da lysinsulfat øgede diarréforekomsten.

Sammendrag

Tidligere undersøgelser har vist, at ekstra tilsætning af fem aminosyrer udover idealproteinforholdet kan kompensere for lavere proteinniveauer, hvorved produktionsresultaterne blev forbedret og diarréforekomsten ved smågrise reduceret. Denne nye afprøvning skulle undersøge, om samme resultater kunne opnås, når ekstra tilsætning af en eller flere aminosyrer blev undladt.

Afprøvningen viste, at ekstra tilsætning af lysin, methionin og treonin er tilstrækkelig til at opnå tilsvarende forbedring af produktionsresultater, men ekstra tilsætning af lysinsulfat øgede diarréforekomsten.

Gruppe	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Lysin-ekstra dosering		Lys	Lys	Lys	Lys	Lys		Lys	½ Lys
Methionin-ekstra dosering		Met	Met	Met	Met		Met	Met	½ Met
Treonin-ekstra dosering		Tre	Tre	Tre		Tre	Tre	Tre	½ Tre
Tryptofan-ekstra dosering			Try		Try	Try	Try	Try	½ Try
Valin-ekstra dosering				Val	Val	Val	Val	Val	½ Val
Ammoniumklorid (NH ₄ Cl)									0,4 %
Produktionsværdi, indeks ¹	100	110	108	109	106	107	105	110	-

¹ Produktionsværdi er angivet som % af resultatet i gruppe 1. Mindste sikre forskel: 2,7 indekspoint.

Afprøvningen blev gennemført på Forsøgsstation Grønhøj, og der indgik i alt 9.036 smågrise fra ca. 6,1 til 30,3 kg, som blev fordelt på ni forsøgsgrupper og op til 105 gentagelser pr. gruppe. Grupperne blev sammensat for at teste forskellige kombinationer af ekstradosering med aminosyrer som vist i tabellen ovenfor.

Der blev fundet en uventet negativ effekt på diarréforekomsten ved ekstra dosering af de fem aminosyrer (gruppe 8), som havde en statistisk sikker forøget diarréforekomst på ca. 40 % sammenlignet med gruppe 1. Med baggrund i tidligere resultater var det forventet, at diarréforekomsten ville være reduceret i gruppe 8, men det kan skyldes, at der tidligere er anvendt lysinhydroklorid og ikke lysinsulfat som i denne afprøvning.

Da det danske normsæt til grise under 15 kg baserer sig på 16 % ekstra dosering af disse fem aminosyrer, må det indtil videre anbefales, at ekstra dosering af lysin - udover en basistilsætning af 0,5 % lysinsulfat – gennemføres med lysinhydroklorid. Der iværksættes i 2026 en sammenlignende afprøvning af disse to lysinkilder til smågrise.

Det anbefales indtil videre, at ekstradosering af lysin - udover en basistilsætning af 0,5 % lysinsulfat, gennemføres med lysinhydroklorid.

Den primære parameter, *produktionsværdi pr. stiplads pr. år*, blev i forhold til gruppe 1 forbedret i samtlige grupper. Gruppe 2 (uden ekstra tryptofan og valin) og gruppe 4 (uden ekstra tryptofan) var ikke statistisk sikkert forskellige fra gruppe 8, som var ekstradoseret med alle fem tilsætbare aminosyrer.

Nærværende afprøvningsresultater viser, at det er tilstrækkeligt at ekstradosere med methionin, lysin og treonin (gruppe 2) for at opnå resultater på samme niveau som ekstra dosering med alle fem tilsatte aminosyrer (gruppe 8).

Baggrund

Optimering af foder til smågrise efter fravænnning er afgørende for både produktivitet og sundhed. I takt med øget fokus på reduceret proteinniveau i foderet – af hensyn til både økonomi, miljø og sundhed – er der opstået behov for en mere præcis forståelse af aminosyrebehovet hos smågrise.

Meddelelse nr. 1263 afrapporterer resultater fra en afprøvning med smågrise, der viste, at forøgelse af proteinniveauet i foder forbedrede tilvækst, foderudnyttelse og produktionsværdi [1]. Dog blev der også fundet en firedobling i behandlingsdage mod diarré ved et proteinniveau på 160-170 gram fordøjeligt protein pr. FEsV sammenlignet med et lavere niveau på 105-110 gram fordøjeligt protein pr. FEsV. Behovet for diarrébehandlinger kunne sænkes med 50-60 % ved tilsætning af de fem mest begrænsende aminosyrer, uanset niveauet af protein i foderet. På produktivitetssiden blev der i afprøvningen fundet, at tilsætning af de fem mest begrænsende aminosyrer kun hævede tilvækst en smule, når grisene kun fik 105-111 gram fordøjeligt protein pr. FEsV. Der blev fundet en svag negativ effekt på foderoptagelse og daglig tilvækst ved det højeste niveau af protein og aminosyrer, mens foderudnyttelse og produktionsværdi blev forbedret ved stigende aminosyreniveau, uafhængigt af proteinniveauet. Hos slagtegrise er der fundet lignende resultater, som er publiceret i Meddelelse nr. 1262 [3].

I disse afprøvninger er lysin, methionin og treonin [2],[4] samt tryptofan og valin [1],[3] holdt i et fast indbyrdes forhold, som stammer fra idealproteinkonceptet. Dette koncept blev introduceret og foreslået af Mitchell i 1964 [16] og sat i praktisk anvendelse af Agricultural Research Council i 1981 [17] og sammenlignet med andre bud i 1997 [18] og i 2015 [19], hvilket har medført småjusteringer. Idealproteinkonceptet beskriver forholdet mellem de essentielle aminosyrer og lysin henholdsvis protein, herefter kaldet "idealproteinforholdet". Dette forhold mellem aminosyrerne (udtrykt som procent af lysin) er et fornuftigt udgangspunkt, men har dog den udfordring, at de fleste aminosyrer tilsyneladende er estimeret 5-10 % for højt i forhold til lysin som følge af den gængse metode anvendt til aminosyreforsøg. Det er sandsynliggjort i ovennævnte to undersøgelser [1],[2] og i to tidligere undersøgelser [2],[4] samt påvist med hensyn til treonin:lysinforholdet i 2022 [8]. Overestimering af behov for meget dyre eller ikke-tilsætbare aminosyrer medfører unødigt højt proteinniveau i foderet. Derfor er der fortsat et potentiale

for at forbedre proteinudnyttelsen ved at optimere balancen mellem aminosyrerne i foderet i forhold til idealproteinforholdet således, at proteinniveauet i foderet ikke er højere end nødvendigt.

Den diarréreducerende effekt af at supplere aminosyrer ud over idealproteinforholdet [1] kan skyldes flere mekanismer. For eksempel har mælkesyrebakterier bedre vækstbetingelser i tilstedeværelse af frie aminosyrer, da de har behov for tilførsel af essentielle aminosyrer, og mælkesyrebakterier kan have sekundære virkninger i mavetarmsystemet. Forskning indikerer desuden, at både niveau og kilde af lysin påvirker tarmmiljøet, da mangel på lysin øger den bakterielle diversitet i tarmen [13], mens HCL-lysin kan reducere pH i mavetarmsystemet [9-10]. Valin hæmmer væksten af nogle *E. coli* stammer, hvis isoleuciniveauet ikke er for højt [14], mens ekstra dosering af methionin, treonin og tryptofan påvirker *Salmonella*-infektion hos smågrise [15]. Lysin indgår i muskelproteinsyntese, men omsættes også af enterocytter, hvilket kan påvirke cellefornyelsen i tarmen. Derudover er det vist, at supplering med lysin med enten lysinsulfat eller lysinhydroklorid [10] op til NRCs anbefaling fra 2012 [11] kan øge villushøjden i jejunum [12], hvilket blandt en del forskere anses som gavnligt for grisen.

I de ovennævnte afprøvninger [1],[2],[3],[4] var tre eller fire tilsatte aminosyrer sat i et fast forhold til lysin ud fra idealproteinforholdet og ekstradoseret i forhold til de øvrige aminosyrer og protein. Derved er det ikke muligt at identificere, hvilke(n) af disse fem tilsatte aminosyrer, der var mest begrænsende aminosyre(r) i forhold til produktiviteten. Ved at undlade at ekstradosere med én eller flere af disse aminosyrer er det muligt at opnå en besparelse på foderprisen.

Tidligere forsøg har vist, at tilførsel af N-kilder som ammoniumklorid eller urea kan understøtte grisens behov for aminosyrer, fordi grisens tarmsystem via mikrobiomet kan omdanne disse N-forbindelser til essentielle aminosyrer, som derefter optages og bruges til proteinsyntese [5],[6]. Samtidig kan N-kilder i foderet fremme vækst og foderudnyttelse, uden at grisene udsættes for de negative effekter, som ellers kan følge af lavt proteinniveau, hvor der vil være mangel på ikke-essentielle aminosyrer [7]. Kvælstof optaget fra tyktarmen kan endda indgå i dannelsen af ikke-essentielle aminosyrer og genbruges til yderligere aminosyreproduktion via urea, hvilket styrker grisens generelle sundhed og modstandskraft i den udfordrende fravænningsperiode [6]. Der er flere ting, som er med til at bestemme, om mikrobiel aminosyresyntese bidrager til grisens samlede aminosyrebehov: graden af mikrobiel aminosyresyntese, syntesens placering i tarmen samt N-kilden. Det afhænger desuden også af, i hvilket omfang, aminosyrer fra foder og endogene kilder nedbrydes under fermenteringsprocessen.

Grisenes evne til at omdanne aminosyrer til andre ikke-essentielle aminosyrer, der mangler, og til en vis grad essentielle aminosyrer mikrobielt [6] er formodentlig forklaringen på, at foderudnyttelsen fortsat blev forbedret med stigende aminosyredosering indtil ca. 121 % lysin:leucin hos smågrise [1] og 124 % lysin:leucin hos slagtegrise [3], hvor der ud fra en afprøvning af forskellige metoder til fastlæggelse af indbyrdes forhold mellem treonin og lysin ikke forventes væsentlig produktivitmæssig effekt over ca. 110 % lysin:leucin [8].

Samlet set fremhæver tidligere resultater i danske afprøvninger [1],[2],[3],[4] vigtigheden af at opnå en optimal balance mellem proteinindhold og tilsætning af essentielle aminosyrer i smågrisenenes foder. Lavere proteinniveau kan reducere antallet af behandlingsdage mod diarré, men giver lavere tilvækst. Øget supplering af de fem mest begrænsende aminosyrer kan både fremme produktiviteten og reducere risikoen for diarré markant - dog er de dyre at tilsætte. Det konkluderes således, at ikke alene proteinmængden, men især den nøje afstemte sammensætning og dosering af specifikke aminosyrer spiller en afgørende rolle for smågrisenenes trivsel.

Formålet med denne afprøvning var at undersøge, om ekstra dosering af en eller flere af de fem mest begrænsende aminosyrer (lysin, methionin, treonin, tryptofan og valin) i forhold til idealproteinforholdet til smågrise kunne spares væk, samtidigt med, at den ekstra produktivitet og reduktionen i diarrébehandlinger opnået fra ekstradosering kunne fastholdes. Dernæst skulle det undersøges, om

tilskud af en kvælstofkilde (ammoniumklorid) kunne minimere produktionstab ved brug af lavproteinfoder og samtidigt fastholde lavproteinfoders diarrébegrænsende effekt.

Materialer og metoder

Besætningsbeskrivelse

Afprøvningen blev gennemført på Forsøgsstation Grønhøj i smågrisestalde med 12-18 stier pr. sektion og 9-15 grise pr. sti. Registreringer blev foretaget på stiniveau. Hver sti havde en tørfoderautomat med vandforsyning og én drikkekop. Der blev anvendt pelleteret foder efter ædelyst, og foderet blev udfodret via et computerstyret fodringsanlæg (Spotmix), hvor foderet blev blæst ud til foderautomaten i hver sti.

Forsøgsdesign

Der indgik i alt 9.036 grise i afprøvningen, som havde en gennemsnitsvægt på 6,05 kg ved indsættelse. Ved indsættelse i smågrisestaldene blev de fordelt til en af ni grupper (Tabel 1) efter gennemsnitsvægt pr. sti og køn, hvorved der var 105 gentagelser af gruppe 1 og 8 – fordi de udgjorde henholdsvis negativ og positiv kontrol – og 85 gentagelser for hver af de øvrige grupper.

Tabel 1. Planlagt aminosyre- og proteinniveau til de ni forsøgsgrupper.

Gruppe	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Lysin ekstra dosering		Lys	Lys	Lys	Lys	Lys		Lys	½ Lys
Methionin ekstra dosering		Met	Met	Met	Met		Met	Met	½ Met
Treonin ekstra dosering		Tre	Tre	Tre		Tre	Tre	Tre	½ Tre
Tryptofan ekstra dosering			Try		Try	Try	Try	Try	½ Try
Valin ekstra dosering				Val	Val	Val	Val	Val	½ Val
Ammoniumklorid (NH ₄ Cl)									0,4 %
Råprotein, %	17,5	18,2	18,3	18,4	18,3	18,4	18,0	18,5	18,9
FEsv/100 kg	110	110	110	110	110	110	110	110	110
Fordøjeligt indhold, g/FEsv									
Råprotein	126	133	133	134	133	134	130	135	138
Lysin	9,2	12,3	12,3	12,3	12,3	12,3	9,2	12,3	10,6
Methionin	2,9	4,6	4,6	4,6	4,6	2,9	4,6	4,6	3,6
Cystin	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Methionin + Cystin	5,0	6,7	6,7	6,7	6,7	5,0	6,7	6,6	5,7
Treonin	5,7	7,7	7,7	7,7	5,7	7,7	7,7	7,7	6,5
Tryptofan	2,11	2,10	2,85	2,10	2,85	2,85	2,85	2,85	2,48
Valin	6,0	5,9	5,9	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	6,9

De forhøjede aminosyreniveauer i gruppe 2 til 8 er markeret med rød og fed skrift og i gruppe 9 med blå og fed skrift. I gruppe 9 blev de fem aminosyrer kun ekstradoseret til 112,5 % af idealproteinforholdet (f.eks. benævnt som "½ Lys" i tabellen ovenfor, dvs. halv ekstradosis af lysin). Gruppe 9 blev desuden tilført 0,4 % ammoniumklorid som ekstra kvælstofkilde.

Af de ni grupper indgik der en negativ kontrol (gruppe 1), der afspejler det internationalt anvendte idealproteinforhold, og en positiv kontrol (gruppe 8), hvor der ekstradoseres med 135 % lysin, methionin, treonin, tryptofan og valin af idealproteinforholdet. Gruppe 9 fik tildelt et tilskud af en kvælstofkilde (ammoniumklorid) som supplement til ekstra dosering af aminosyrer indtil 115 % af idealproteinforholdet. De resterende seks forsøgsgrupper blev planlagt tildelt lysin, methionin, treonin, tryptofan og valin til ca. 135 % af idealproteinforholdet, men hvoraf en eller flere af de fem begrænsende aminosyrer undlades.

Grisene blev fodret i to faser (fase 1: 6-15 kg og fase 2 15-30 kg), og det foregik med én grundblanding til fase 1 (6-15 kg) og en anden grundblanding til fase 2 (15- 30 kg). Cirka fire uger efter indsættelse blev der skiftet foder gradvist over tre dage. Alle foderblandingerne blev produceret af Danish Agro i Vrå med 3 mm sold, hvoraf fodermiddelsammensætningen kan ses i Appendiks 1. Tabel 2 viser de planlagte blandingsforhold for at fodre de ni grupper med brug af to grundblandinger og syv forblandinger.

Tabel 2. Planlagte blandeforhold af grundblandingen og de syv forblandinger til de ni grupper.

Gruppe	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Grundblanding, 6-15 kg, %	75	75	75	75	75	75	75	75	75
Grundblanding, 15-30 kg, %	75	75	75	75	75	75	75	75	75
Neutral forblanding, %	25	10	5	5	5	5	5	0	0
Lysin-forblanding, %	0	5	5	5	5	5	0	5	0
Methionin-forblanding, %	0	5	5	5	5	0	5	5	0
Treonin-forblanding, %	0	5	5	5	0	5	5	5	0
Tryptofan-forblanding, %	0	0	5	0	5	5	5	5	0
Valin-forblanding, %	0	0	0	5	5	5	5	5	0
Ammoniumklorid-forblanding, %	0	0	0	0	0	0	0	0	25

Der blev udtaget foderprøver af de ni grund- og forblandinger på foderfabrikken efter Theory of Sampling (TOS) principperne. Disse blev indsendt til analyse ved Eurofins Steins Laboratorium A/S i Vejen. Grundblandingerne blev analyseret for FESv, alle aminosyrer, råprotein, råfedt, råaske, vand, fytase, zink, kobber, calcium og fosfor, mens forblandingerne blev analyseret for råprotein, lysin, methionin, cystein + cystin, treonin, tryptofan og valin. Der blev løbende udtaget stikprøver af de udfodrede forsøgsblandinger fra foderventilerne (sammenvejet i forhold til forbruget i fase 1 og 2). Disse blev analyseret for alle aminosyrer, FESv, råprotein, råfedt, råaske, vand, samt zink, kobber, calcium og fosfor.

Registreringer

Grisene blev vejlet stivis ved indsættelse, ved foderskift (cirka fire uger efter fravænning) og ved afslutning dag 48 efter fravænning. Grise, der vejede mere end 29 kg inden dag 41, blev udvejet af afprøvningen og flyttet til slagtegrisestalden. Foderoptagelse blev målt i kg og derefter multipliceret med gennemsnit af analyseret energikoncentration (FESv pr. kg) pr. foderlevering. Ud fra foderoptagelse og daglig tilvækst kunne foderudnyttelse beregnes for de enkelte stier, hvilket blev anvendt til at beregne produktionsværdien. Sygdomsbehandlinger blev registreret på enkeltdyrsniveau, og grise blev vejlet ud af afprøvningen, hvis de blev taget ud af stien pga. sygdom eller aflivning.

Produktionsværdi

Ud fra de opnåede produktionsresultater (daglig tilvækst, foderforbrug) blev der beregnet en produktionsværdi (PV), som er baseret på et gennemsnit af de seneste fem års priser for notering og foder.

Produktionsværdi pr. stiplads pr. dag for hele smågriseperioden blev beregnet på følgende måde pr. foderventil:

$$\text{Produktionsværdi i kr. pr. stiplads pr. dag} = (\text{tilvækstværdi} - \text{foderomkostninger}) / \text{foderdage}.$$

Definition af de enkelte variable:

$$\text{Tilvækstværdi} = \text{grisenes tilvækst i kg i forsøgsperioden} * \text{værdi af 1 kg tilvækst}.$$

Foderomkostningerne blev bestemt ved hjælp af nedenstående formel og beregnet på basis af foderblandingerne indhold af analyserede foderenheder (FESv) (beregnet ud fra analyser af vand, råprotein, råfedt, råaske, EFOS og EFOSi) samt den faktisk tildelte mængde af de enkelte foderblandinger pr. sti:

$$\text{Foderomkostninger} = (\text{afgangsvægt} - \text{indgangsvægt}) \times \text{FESv pr. kg tilvækst} * \text{pris pr. FESv}$$

Ved beregning af produktionsværdien blev følgende værdier anvendt:

- Foderomkostninger i form af et femårs prissæt på foder.
- Gennemsnitlig notering for 7 kg's grise på 279 kr. pr. gris med kg-reguleringer på -15,91 kr./kg (0-7 kg) og +12,91 kr./kg (7-9 kg).
- Gennemsnitlig notering for 30 kg's grise på 511 kr. pr. gris med kg-reguleringer på -6,45 kr./kg (25-30 kg) og +6,66 kr./kg (30-40 kg).
- Fravænningsfoder (7-10 kg): 4,17 kr. pr. FEsv, som er anvendt for alle grupper.
- Smågrisefoder (10-30 kg): 2,34 kr. pr. FEsv, som er anvendt for alle grupper.
- Diverse omkostninger: 20 kr. pr. gris.
- Staldudnyttelse: 95 %.

Statistiske modeller

Hypotese

1. Ekstra dosering af en eller flere af de fem mest begrænsende aminosyrer kan undlades uden, at de tidligere fundne effekter på produktivitet og diarréforekomst kompromitteres.
2. Tilskud af en alternativ kvælstofkilde kan give et produktivetsmæssigt løft svarende til et højere proteinniveau via traditionelle proteinfodermidler.

Alle analyser blev foretaget i R version 4.4.1 (2024-06-14 ucrt). Lineære mixede modeller (LMM) er estimeret med pakken lme4 (version 1.1.36) ved brug af funktionen lmer, mens logistiske regressioner er foretaget med funktionen glmer. Poisson modeller og t-fordelte modeller er estimeret ved at anvende pakken glmmTMB (1.1.10). I alle modeller er der korrigeret for en tilfældig hold/sektion effekt. Der er foretaget diverse modelkontroller bestående af QQ-plots, residual plots, Shapiro-Wilk's test for normalitet af residualer samt modelsimulationer ved brug af pakken DHARMA (0.4.7). Modeller er sammenlignet ved at foretage likelihood ratio tests. LSmeans eller estimerede marginale middelværdier (EMM) er beregnet ved at anvende pakken emmeans (1.10.7) der anvender en test baseret på (asymptotiske) fordelingsegenskaber af de estimerede værdier.

Det skal bemærkes, at konfidensintervaller og tests for modellerne for daglig tilvækst over hele perioden og foderudnyttelse i periode 1 er estimeret ved hjælp af bootstrap, da QQ-plots viser en tung nedre hale.

For udtagninger, enten produktivt eller pga. sygdom, aflivning eller død, er der kun foretaget analyser på responser, hvor der er et tilstrækkeligt antal observationer forskellig fra 0. I tilfælde, hvor der er få observationer større end 1 gris, analyseres variabelen som binomialt, dvs. om der er mindst én udtagning eller ingen. Disse suppleres med ikke-parametriske tests angivet i boxplots.

Resultater og diskussion

Foderanalyser

Analyserne af foderprøverne fra grundblandingerne (fase 1 og 2), som udgjorde 75 % af foderet til alle grupper (se tabel 2), samt den neutrale forblanding uden tilsatte aminosyrer og forblandingen med tilsat lysinsulfat viste rimelig god overensstemmelse mellem det forventede og analyserede næringsstofniveau. Dog manglede der ifølge analyserne mellem 1 og 5 % methionin i forhold til det forventede, hvilket er set i adskillige afprøvninger. Den anvendte metode til analyse af methionin er muligvis skyld i dette fænomen. I forblandingerne med de øvrige fire tilsatte aminosyrer manglede der ifølge analyserne 12 % methionin, 17 % tryptofan og 22 % valin, mens der var 15 % mere treonin end forventet. Konsekvensen af dette er beskrevet længere nede. Analyseresultaterne af de indkøbte grund- og forblandinger er vist i Appendiks 2.

Resultaterne af de sammenvejede analyser pr. gruppe af grund- og forblandingerne og foderautomatprøverne fra de ni grupper er vist i Appendiks 3. Som gennemsnit mellem gruppe 2 til 8, hvor der er planlagt ekstradoseringer, er der ifølge analyserne doseret til 129 % lysin, 146 % methionin, 126 %

methionin+cystin, 135 % treonin, 126 % tryptofan og 125 % valin i forhold til idealproteinforholdet. Der var planlagt 135 % ekstradosering af fire aminosyrer (lysin, treonin, tryptofan og valin) og 158 % af methionin således, at summen af methionin og cystin kunne ramme 135 % af idealproteinniveauet.

Produktionsresultater

Grundet stort foderspild er foderoptagelse, foderudnyttelse og produktionsværdi for gruppe 9, hvor der blev tilsat ammoniumklorid, ikke inkluderet i den statistiske analyse. Ammoniumklorid, også kendt som salmiak og en ingrediens i lakrids, har en saltet, sur og bitter smag. Det er kendt, at nyfravænnede grise har en præference for sødt, f.eks. sukker, hvilket kan forklare det store foderspild ved tilsætning af ammoniumklorid i foderet til gruppe 9.

Resultater frem til mellemvejning (6-15 kg)

Foderoptagelse (FEsv pr. gris pr. dag)

Der blev ikke fundet statistisk sikre forskelle i foderoptagelse mellem de otte grupper.

Daglig tilvækst (gram pr. dag)

I forhold til gruppe 1 var daglig tilvækst øget statistisk sikkert i alle øvrige grupper. Også gruppe 9, der havde et stort foderspild, havde en højere daglig tilvækst.

Foderudnyttelse (FEsv pr. kg tilvækst)

I forhold til gruppe 1 blev foderudnyttelsen forbedret 0,04-0,09 FEsv pr. kg tilvækst ved at ekstradosere de 3-5 mest begrænsende aminosyrer (gruppe 2, 3, 4, 5, 6, 7 og 8). Foderudnyttelsen i gruppe 2, 3 og 4, hvor der manglede ekstra dosering af enten tryptofan, valin eller begge, adskilte sig ikke statistisk sikkert i forhold til gruppe 8 (ekstradosering af alle fem begrænsende aminosyrer). Derimod var foderudnyttelsen i forhold til gruppe 8 ringere for gruppe 5, 6 og 7, hvor der på skift manglede ekstra dosering af lysin, methionin eller treonin. Dermed gav ekstra dosering af tryptofan og valin ikke forbedret foderudnyttelse i denne periode.

Resultater for hele perioden (6-30 kg)

Foderoptagelse (FEsv pr. gris pr. dag)

Der blev ikke fundet statistisk sikre forskelle i foderoptagelse mellem de otte grupper. I den statistiske model havde effekten af gruppe en p-værdi på 0,14. Mindste sikre forskel var 0,02 FEsv pr. gris pr. dag. Der er vist en grafisk fremstilling af disse resultater i Appendiks 4.

Daglig tilvækst (gram pr. dag)

I forhold til gruppe 1 var daglig tilvækst øget statistisk sikkert i alle grupper, inklusive gruppe 9. Daglig tilvækst i forhold til gruppe 8 var lavere for gruppe 6 og 7. Dermed var ekstra dosering af lysin og methionin nødvendig, og ekstra dosering af treonin, tryptofan og valin var ikke nødvendig, for at opnå samme tilvækst som i gruppe 8. Den daglige tilvækst i gruppe 9 ved tilsætning af ammoniumklorid og halv dosering af de fem aminosyrer var stort set på niveau med gruppe 8, dog med en tendens til at være lavere (p-værdi 0,065). Mindste sikre forskel var 13 gram daglig tilvækst.

Der er vist en grafisk fremstilling af disse resultater i Appendiks 5.

Tabel 3. Produktionsresultater for de ni grupper.

Gruppe	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Lysin		+	+	+	+	+		+	1/2
Methionin		+	+	+	+		+	+	1/2
Treonin		+	+	+		+	+	+	1/2
Tryptofan			+		+	+	+	+	1/2
Valin				+	+	+	+	+	1/2
Ammoniumklorid									+
Indtil mellemvejning (6,1 - 14,6 kg) ¹									
Foderoptagelse, FEsv pr. dag	0,44	0,44	0,44	0,44	0,45	0,44	0,44	0,44	-
Daglig tilvækst, gram pr. dag	298 bB	316 aAB	311 aAB	314 aAB	310 aAB	310 aAB	301 abB	315 aA	304 abB
Foderudnyttelse, FEsv pr. kg tilvækst	1,49 bB	1,40 aAB	1,41 aAB	1,40 aAB	1,45 aB	1,43 aB	1,45 aB	1,40 aA	-
Hele perioden (6,1 - 30,3 kg) ¹									
Foderoptagelse	0,79	0,79	0,78	0,78	0,79	0,78	0,79	0,78	-
Daglig tilvækst, gram pr. dag	506 bB	527 aAB	519 aAB	523 aAB	519 aAB	516 aB	515 aB	527 aA	518 aB
Foderudnyttelse, FEsv pr. kg tilvækst	1,55 bB	1,48 aB	1,49 aB	1,47 aAB	1,50 aB	1,49 aB	1,52 aB	1,47 aA	-
Produktionsværdi stiplads, indeks	100 bB	110 aAB	108 aB	109 aAB	106 aB	107 aB	105 aB	110 aA	-
¹ Små bogstaver angiver sammenligning til gruppe 1, mens store bogstaver angiver sammenligning til gruppe 8. Der sammenlignes indenfor række alene mod gruppe 1 og gruppe 8, og der var ikke statistisk sikker forskel med tilknytning af samme bogstav. Der var ikke nogen statistisk sikre forskelle i foderoptagelse (FEsv pr. gris pr. dag), hverken indtil mellemvejning eller for hele perioden.									

Foderudnyttelse (FEsv pr. kg tilvækst)

I forhold til gruppe 1 blev foderudnyttelsen forbedret statistisk sikkert ved at ekstradosere 3-5 af de fem mest begrænsende aminosyrer. Alle grupper, bortset fra gruppe 4, havde dog en statistisk sikkert ringere foderudnyttelse sammenlignet med gruppe 8. Vurderet ud fra de numeriske resultater var foderudnyttelsen i forhold til gruppe 8 ringest for gruppe 5, 6 og 7, hvor der på skift manglede ekstra dosering af lysin, methionin eller treonin. Ekstra dosering af lysin, methionin, treonin og valin (gruppe 4) forbedrede foderudnyttelsen (på niveau med gruppe 8) i hele perioden, men ikke i perioden indtil mellemvejning. Der kan på nuværende tidspunkt ikke gives en forklaring på det, men der iværksættes en afprøvning af behovet for valin:lysinforholdet hos smågrise i begyndelsen af 2026. Mindste sikre forskel var 0,013 FEsv pr. kg tilvækst. Der er vist en grafisk fremstilling af disse resultater i Appendiks 6.

Produktionsværdi pr. stiplads pr. år (indeks)

I forhold til gruppe 1 blev produktionsværdien forbedret i samtlige grupper. Gruppe 2 (uden ekstra tryptofan og valin) og gruppe 4 (uden ekstra tryptofan) var ikke statistisk sikkert forskellige fra gruppe 8, hvilket indikerer, at ekstradoseringen af tryptofan og valin kan undlades. Nærværende afprøvningsresultater viser, at det er tilstrækkeligt at ekstradosere med methionin, lysin og treonin (gruppe 2) for at opnå resultater på samme niveau som ekstradosering med alle fem mest begrænsende aminosyrer (gruppe 8). Mindste sikre forskel var 2,7 indekspoint produktionsværdi. Der er vist en grafisk fremstilling af produktionsværdiretultaterne i appendiks 7.

Der er iværksat en undersøgelse af behovet for methionin og methionin+cystin i forhold til lysin hos slagtegrise og en tilsvarende afprøvning hos smågrise. Derudover iværksættes der en afprøvning af behovet for valin:lysinforholdet hos smågrise i begyndelsen af 2026.

Sundhedsresultater

I forhold til gruppe 1 gav ekstra dosering af de fem mest begrænsende aminosyrer (lysinsulfat, DL-methionin, L-treonin, L-tryptofan og L-valin) en statistisk sikker forøget diarréforekomst på ca. 40 % hos gruppe 8. Der var som udgangspunkt forventet den modsatte effekt i gruppe 8 med baggrund i resultaterne fra Meddelelse nr. 1263 [3], hvor der blev anvendt L-lysin, hydroklorid til ekstra dosering af lysin. I denne afprøvning blev der anvendt lysinsulfat. Der er vist en grafisk fremstilling af diarréforekomstresultaterne i Appendiks 8 og resultaterne er vist i tabel 4. Det bemærkes, at der var en meget lav forekomst af diarré i denne afprøvning.

Forklaringen på, at ekstradosering med lysinsulfat i forhold til idealproteinforholdet har forårsaget 40 % højere diarréforekomst er sandsynligvis, at sulfatkoncentrationen i foderet har været højere end 3 gram pr. foderenhed og høj sulfatkoncentration kan forårsage osmotisk diarré. De beregnede sulfatkoncentrationer og maksimale anbefalinger er vist i Appendiks 9.

Tabel 4. Forekomst af diarrébehandlinger i de ni grupper.

Gruppe	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Lysin		+	+	+	+	+		+	½
Methionin		+	+	+	+		+	+	½
Treonin		+	+	+		+	+	+	½
Tryptofan			+		+	+	+	+	½
Valin				+	+	+	+	+	½
Ammoniumklorid									+
Diarré, periode 1, indeks ¹	100 bAB	109 abAB	130 abAB	100 abAB	83 abAB	130 abAB	91 abAB	113 abA	52 aB
Diarré, hele perioden, indeks ¹	100 bB	114 abAB	143 aAB	114 abB	86 aAB	164 aAB	100 abB	150 aA	57 abB

¹ Antallet af anvendte daglige doser (ADD) for diarré sat i forhold til gruppe 1.

Det danske normsæt til grise under 15 kg baseres på 16 % ekstradosering af de fem mest begrænsende aminosyrer af hensyn til minimering af diarréforekomst. Det anbefales derfor indtil videre, at ekstra dosering af lysin – udover en basistilsætning af 0,5 % lysinsulfat [3] – gennemføres med lysinhydroklorid. Der iværksættes i 2026 en sammenlignende afprøvning af disse to lysinkilder til smågrise som et supplement til tidligere sammenligninger, der typisk kun har sammenlignet effekten af de to lysinkilder op til en dosis i færdigfoderet, der svarer til NRCs norm fra 2012 [10],[11]. Der er behov for en sammenligning af de to lysinkilder ved væsentlig højere iblandingsprocenter.

Fra indsættelse indtil mellemvejning samt igennem hele perioden fra 6 til 30 kg blev der fundet højere forekomst af diarré i gruppe 3, 6 og 8, som alle fik tildelt ekstra lysin, treonin og tryptofan. Der var ikke observeret forskelle i forekomst af bevægelsesproblemer eller hjernehindebetændelse mellem nogen af grupperne.

I gennemsnit blev 3,3 % af grisene taget ud på grund af sygdom, mens 2,2 % af grisene blev aflivet. Der var ikke statistisk forskel på sandsynligheden for, at mindst én gris blev taget ud (1,1-3,4 %) eller aflivet (1,5-3,4 %) mellem de ni grupper.

Konklusion

Produktionsværdi pr. stiplads (PV) var den primære parameter. I forhold til gruppe 1 blev PV forbedret i gruppe 2 til 8. Gruppe 2 (ekstra tryptofan og valin) og gruppe 4 (uden ekstra tryptofan) var ikke statistisk sikkert forskellige fra gruppe 8.

Nærværende afprøvningsresultater viser, at det er tilstrækkeligt at ekstradosere med methionin, lysin og treonin (gruppe 2) for at opnå resultater på samme niveau som ekstra dosering med alle fem tilsatte aminosyrer (gruppe 8).

I forhold til gruppe 1 gav ca. 25- 30 % ekstra dosering af de fem mest begrænsende aminosyrer en statistisk sikker forøget diarréforekomst på ca. 40 % hos gruppe 8. Aminosyrerne blev tilsat i følgende form: lysinsulfat, DL-methionin, L-treonin, L-tryptofan og L-valin. Ud fra resultaterne fra en tidligere afprøvning, hvor der blev anvendt lysinhydroklorid til ekstra dosering [1], var det forventet, at der ville være en lavere forekomst af diarré i gruppe 8. I nærværende afprøvning blev der imidlertid anvendt lysinsulfat til ekstra dosering, hvilket kan være forklaringen på den øgede diarréforekomst i gruppe 8.

Indtil videre anbefales det at fodre grise under 15 kg med maks. 0,5 % lysinsulfat. Yderligere resultater forventes at ligge klar i slutningen i 2026, da der iværksættes en afprøvning, der sammenligner de to lysinkilder.

Referencer

- [1] Sloth, N.M., Krstrup, A.K., Stoltenberg Grove, S., Rønving, E., Tybirk, P., Bache, J.K., og Wilken, M., 2022. Fire protein- og fem aminosyreniveauer i foder til smågrise. Meddelelse nr. 1263. SEGES Innovation, Den rullende Afprøvning.
- [2] Sloth, N.M., P. Tybirk, S. Stoltenberg Grove, A.S. Hougesen og H.M. Sommer, 2021. Aminosyrebehov til maksimal proteinudnyttelse hos smågrise. Meddelelse nr. 1244, Den rullende afprøvning, SEGES Gris.
- [3] Sloth, N.M., J. Poulsen, P. Tybirk, S. Stoltenberg Grove, M.B.F. Nielsen og Mira Willkan, 2022. Syv protein- og fem aminosyreniveauer i foder til slagtegrise. Meddelelse nr. 1262, Den rullende Afprøvning, SEGES Innovation.
- [4] Sloth, N.M. og Tybirk P., 2018. Effekt af ekstra protein eller frie aminosyrer i foder til slagtesvin. Meddelelse nr. 1134, SEGES Svineproduktion, Den rullende Afprøvning
- [5] Torrallardona, D., C.I. Harris, and M.F. Fuller 2003. Pigs' gastrointestinal microflora provide them with essential amino acids. J. Nutr. 133:1127-1131.
- [6] Columbus, D.A., 2012. Enteral Nitrogen Metabolism in the Growing Pig. Ph.d.-afhandling, The University of Guelph, Canada.
- [7] Mansilla, W.D., J.K. Htoo and C.F.M. de Lange, 2017. Nitrogen from ammonia is as efficient as that from free amino acids or protein for improving growth performance of pigs fed diets deficient in nonessential amino acid nitrogen. J. Anim. Sci. 2017.95:3093–3102 doi:10.2527/jas2016.0959
- [8] Sloth, N.M., J.K. Bache, J. Vinther, P. Tybirk, M.C.N. Engelsmann, S.S. Grove og B. Nielsen, 2022. Treonin:Lysin-behovet overestimeres ved den traditionelle forsøgsmetode. Meddelelse nr. 1272, Den rullende Afprøvning, SEGES Innovation.
- [9] Rodrigues, L.A., M.O. Wellington, J.C. González-Vega, J.K. Htoo, A.G. Van Kessel and D.A. Columbus, 2021. Functional amino acid supplementation, regardless of dietary protein content, improves growth performance and immune status of weaned pigs challenged with *Salmonella* Typhimurium. J. of Animal Science, 2021, Vol. 99, No. 2, 1–13. doi:10.1093/jas/skaa365
- [10] Palencia, J.Y.P., Resende, M., Lemes, M.A.G., Mendes, M.F.S.A., Silva Júnior, S.R., Otani, L., Schinckel, A.P., Abreu, M.L.T. og Cantarelli, V.S. (2019): Relative bioavailability of L-lysine sulfate is equivalent to that of L-lysine HCl for nursery piglets. Journal of Animal Science. Vol 97, pp. 269-278.

- [11] NRC. 2012. Nutrient requirements of swine. 11th ed. Washington, DC: National Academic Press. p. 400.
- [12] He, L. Q., H. S. Yang, Y. Q. Hou, T. J. Li, J. Fang, X. H. Zhou, Y. L. Yin, L. Wu, M. Nyachoti, G. Y. Wu. 2013. Effects of dietary l-lysine intake on the intestinal mucosa and expression of CAT genes in weaned piglets. *Amino Acids*. 45:383–391. doi:10.1007/s00726-013-1514-0
- [13] Yin, J., H. Han, Y. Li, Z. Liu, Y. Zhao, R. Fang, X. Huang, J. Zheng, W. Ren, F. Wu, et al. 2017. Lysine restriction affects feed intake and amino acid metabolism via gut microbiome in piglets. *Cell. Physiol. Biochem*. 44:1749–1761. doi:10.1159/000485782
- [14] Glover, S. W. 1962. Valine-resistant mutants of *Escherichia coli* K-12. *Genet. Res.* 3:448-460.
- [15] Rodrigues, L.A., M.O. Wellington, J.C. González-Vega, J.K. Htoo, A.G. Van Kessel and D.A. Columbus, 2021. Functional amino acid supplementation, regardless of dietary protein content, improves growth performance and immune status of weaned pigs challenged with *Salmonella* Typhimurium. *J. of Animal Science*, 2021, Vol. 99, No. 2, 1–13. doi:10.1093/jas/skaa365
- [16] Mitchell HH., 1964. Comparative nutrition of man and domestic animals. New York: Academic Press
- [17] ARC (Agricultural Research Council), 1981. The Nutrient Requirement of Pigs. Commonwealth Agricultural Bureaux, Slough, UK.
- [18] Boisen, S., 1997. Ideal protein - and its suitability to characterize protein quality in pig feeds - A review. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A - Animal Science*, 47, 31-38.
- [19] van Milgen, J. og Dourmad, J.Y., 2015. Concept and application of ideal protein for pigs. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. Apr 11;6(1):15. doi: 10.1186/s40104-015-0016-1. PMID: 25937926; PMCID: PMC4416387.

Deltagere

Tekniker: Henry Kousgaard Aalbæk

Forsøgsstation Grønhøj: Peter Juhl Rasmussen, Vibeke Aakær Olesen, Lasse Nørskov Møller, Tommi Højmark Pedersen

Øvrig information

Afprøvning nr. 1853

BC nr.: 101463

// TSOE //

Appendiks 1

Sammensætning af de fabriksproducerede foderblandinger

Indhold af udvalgte fodermidler (udover mineraler, vitaminer og enzymer) i grundblandingen og de syv forblandinger.

	Grundblanding		Forblanding						
	Fase 1	Fase 2	Neutral	Lysin	Methionin	Treonin	Tryptofan	Valin	Ammonium-klorid
Fodermiddel	Iblandingsprocent								
Hvede	56,7	49,9	26	21,7	24,4	24,2	25,4	23,8	21,9
Sojaskrå	16,9	29,2	-	-	-	-	-	-	-
Byg	5	13	19	16	18	17,8	18,5	17,5	18
Kartoffelprotein	7,3	-	-	-	-	-	-	-	-
Rug	-	-	19	16	18	17,8	18,5	17,5	18
Rapsskrå	-	-	4	4	4	4	4	4	4
Hvedeklid	6	-	19	16	18	17,8	18,5	17,5	18
Solsikkeskrå	-	-	4	4	4	4	4	4	4
Roepiller	-	-	2	2	2	2	2	2	3
Palmeolie	3	2,9	3	3	3	3	3	3	3
Lysinsulfat	0,640	0,744	-	13,307	-	-	-	-	1,439
DL-Methionin	0,128	0,172	-	-	4,641	-	-	-	0,426
L-Treonin	0,130	0,212	-	-	-	5,540	-	-	0,510
L-Tryptofan	0,084	0,069	-	-	-	-	2,073	-	0,190
L-Valin	-	0,041	-	-	-	-	-	6,691	0,538
Ammoniumklorid	-	-	-	-	-	-	-	-	2,5
Næringsindhold, fra foderoptimeringerne:									
FEsv pr. kg	1,12	1,09	1,09	1,12	1,11	1,11	1,10	1,09	1,09
F. protein, g pr. FEsv	158	164	66	160	84	94	78	96	118
F. lysin, g pr. FEsv	12,5	12,6	2,3	71,4	2,2	2,2	2,2	2,2	8,2
F. methionin, g pr. FEsv	3,9	3,9	1,2	1,2	38,2	1,1	1,2	1,1	4,2
F. met + cys, g pr. FEsv	6,3	6,4	2,7	2,6	39,6	2,5	2,6	2,6	5,7
F. treonin, g pr. FEsv	7,6	7,6	2,0	2,2	1,9	45,1	2,0	1,9	5,6
F. tryptofan, g pr. FEsv	2,78	2,80	0,82	0,86	0,78	0,77	17,09	0,78	2,41
F. valin, g pr. FEsv	7,9	7,5	3,0	3,2	2,9	2,8	2,9	48,1	7,0

Appendiks 2. Analyseret indhold af fabriksproducerede foderblandinger (grund- og forblandinger)

Analyseret indhold af grundblandinger (6-15 kg) og (15-30 kg) samt de syv forblandinger sat i forhold til forventet indhold

Blanding:		Grundblanding 6-15 kg				Grundblanding 15-30 kg				Neutral				Lysin				Methionin				Treonin				Tryptofan				Valin				Ammoniumklorid			
		Forven- tet	Analy- seret	A:F,%	n	Forven- tet	Analy- seret	A:F,%	n	Forven- tet	Analy- seret	A:F,%	n	Forven- tet	Analy- seret	A:F,%	n	Forven- tet	Analy- seret	A:F,%	n	Forven- tet	Analy- seret	A:F,%	n	Forven- tet	Analy- seret	A:F,%	n	Forven- tet	Analy- seret	A:F,%	n				
Råprotein	pct.	20,1	20,9	104%	14	20,3	20,7	102%	14	9,1	10,7	116%	4	19,4	18,7	96%	4	11,2	12,5	111%	4	12,2	14,1	115%	4	10,5	11,6	110%	4	12,4	14,3	115%	6	14,7	15,9	108%	4
Råfedt	pct.	4,0	4,5	113%	14	3,7	4,4	118%	14	4,9				4,6				4,9				4,8				4,9				4,8				4,8			
Aske	pct.	5,5	4,9	89%	14	6,3	5,4	85%	14	5,9				6,0				5,8				5,8				5,9				5,8				6,2			
Vand	pct.	12,8	13,1	102%	14	12,5	13,0	104%	14	13,2	12,7	96%	4	11,6	11,6	99%	4	12,6	12,0	95%	4	12,5	12,0	96%	4	12,9	12,2	94%	4	12,5	12,3	99%	6	12,5	12,6	101%	4
EFOS	pct.	89,3	90,4	101%	14	89,9	91,3	102%	14	87,8				89,5				88,3				88,4				88,0				88,5				88,2			
EFOSi	pct.	84,2	84,8	101%	14	82,9	83,7	101%	14	80,2				82,6				81,0				81,1				80,5				81,1				80,7			
FEsv	100 kg	111,8	113,1	101%	14	109,1	111,4	102%	14	108,7		4	111,0		4	109,9		4	110,0		4	110,0		4	109,1		4	109,1		4	108,6		6	108,4	108,4	100%	4
Fytaseaktivitet	FTU/kg	1040	1876	180%	5	1040	2212	213%	5	27				23				26				26				27				26				26			
Mineraler																																					
Calcium	g/kg	7,8	8,4	107%	7	7,6	8,0	105%	7	8,5				8,5				8,5				8,5				8,5				8,5				8,5			
Fosfor	g/kg	6,9	6,9	99%	7	6,8	6,6	98%	7	2,8				2,5				2,7				2,6				2,7				2,6				2,6			
Kobber	mg/kg	1040	151	14%	7	1040	88	8%	7																												
Zink	mg/kg	166	161	97%	7	115	162	142%	7	4,3				3,7				4,1				4,1				4,2				4,1				4,1			
Totalt aminosyreindhold																																					
Lysin	g/kg	15,4	15,8	103%	14	15,0	15,3	102%	14	3,4	4,1	121%	4	80,6	81,2	101%	4	3,2	6,1	188%	4	3,2	4,0	124%	4	3,3	3,9	119%	4	3,2	4,7	146%	5	9,8	10,5	106%	4
Methionin	g/kg	4,7	4,5	96%	14	4,5	4,3	95%	14	1,6	1,6	99%	4	1,5	1,5	101%	4	42,5	37,4	88%	4	1,5	2,1	140%	4	1,5	1,6	102%	4	1,5	1,8	119%	5	4,9	3,5	73%	4
Cystin	g/kg	3,4	3,4	101%	14	3,3	3,3	100%	14	2,1	2,3	113%	4	1,9	2,2	114%	4	2,0	2,1	104%	4	2,0	2,2	110%	4	2,0	2,3	112%	4	2,0	2,2	109%	5	2,0	2,2	109%	4
Threonin	g/kg	9,7	10,0	103%	14	9,4	9,3	99%	14	3,1	3,6	119%	4	3,1	3,8	122%	4	2,9	3,5	118%	4	50,9	58,4	115%	4	3,0	4,1	137%	4	2,9	4,1	141%	5	6,9	7,6	110%	4
Tryptofan	g/kg	3,5	3,6	101%	12	3,3	3,3	99%	12	1,2	1,4	124%	4	1,2	1,3	112%	4	1,1	1,4	125%	4	1,1	1,3	120%	4	1,1	1,9	83%	4	1,1	2,1	189%	5	2,9	3,0	105%	4
Isoleucin	g/kg	8,6	8,5	99%	7	7,9	8,1	103%	7	3,3				3,3				3,1				3,1				3,2				3,1				3,1			
Leucin	g/kg	15,7	15,8	101%	7	14,5	14,5	100%	7	6,1				5,8				5,8				5,8				6,0				5,7				5,8			
Histidin	g/kg	4,7	4,6	99%	7	5,0	4,9	98%	7	2,2				2,5				2,1				2,1				2,2				2,1				2,1			
Fenylalanin	g/kg	10,1	10,5	104%	7	9,5	9,8	103%	7	4,0				4,0				3,8				3,8				3,9				3,8				3,9			
Tyrosin	g/kg	7,6	7,3	96%	7	6,5	6,5	99%	7	2,7				2,7				2,6				2,6				2,7				2,6				2,6			
Valin	g/kg	10,3	10,0	97%	14	9,5	9,4	99%	14	4,3	4,8	112%	4	4,4	4,5	103%	4	4,2	4,5	108%	4	4,1	4,4	107%	4	4,3	4,7	109%	4	53,9	42,1	78%	5	8,6	10,1	117%	4
Alanin	g/kg		8,6		7		8,3		7																												
Arginin	g/kg		11,8		7		12,7		7																												
Asparaginsyre	g/kg		20,1		7		19,5		7																												
Glutaminsyre	g/kg		37,9		7		41,1		7																												
Glycin	g/kg		9,0		7		8,3		7																												
Prolin	g/kg		12,7		7		12,8		7																												
Serin	g/kg		10,2		7		9,9		7																												
Ford. indhold pr. FEsv. Beregnet ud fra analyserne og beregnede fordøjeligheder pr. foderblanding																																					
F. råprotein	g/FEsv	157	161	102%	14	163	163	100%	14	66	77	116%	4	159	153	96%	4	84	94	111%	4	94	108	115%	4	78	86	110%	4	96	111	115%	6	118	127	108%	4
F. lysin	g/FEsv	12,5	12,7	101%	14	12,6	12,6	100%	14	2,3	2,7	121%	4	71,9	72,4	101%	4	2,2	4,1	188%	4	2,1	2,7	124%	4	2,2	2,6	119%	4	2,2	3,2	146%	5	8,3	8,8	106%	4
F. methionin	g/FEsv	3,9	3,6	95%	14	3,9	3,6	93%	14	1,2	1,2	99%	4	1,1	1,1	101%	4	38,4	33,8	88%	4	1,1	1,6	140%	4	1,2	1,2	102%	4	1,1	1,3	119%	5	4,2	3,1	73%	4
F. met+cyst	g/FEsv	6,3	6,1	97%	14	6,4	6,1	95%	14	2,7	2,9	107%	4	2,5	2,7	108%	4	39,8	35,3	89%	4	2,5	3,1	123%	4	2,6	2,8	108%	4	2,5	2,9	114%	5	5,7	4,7	82%	4
F. treonin	g/FEsv	7,6	7,7	102%	14	7,6	7,4	97%	14	2,0	2,4	119%	4	2,1	2,6	122%	4	1,9	2,3	118%	4	45,5	52,2	115%	4	2,0	2,7	137%	4	1,9	2,7	141%	5	5,6	6,2	110%	4
F. tryptofan	g/FEsv	2,8	2,8	100%	12	2,8	2,7	97%	12	0,8	1,0	124%	4	0,8	0,9	112%	4	0,8	1,0	125%	4	0,8	0,9	120%	4	17,3	14,4	83%	4	0,8	1,5	189%	5	2,4	2,5	105%	4
F. isoleucin	g/FEsv	6,6	6,5	98%	7	6,3	6,4	101%	7	2,3				2,4				2,2				2,2				2,3				2,2				2,3			
F. leucin	g/FEsv	12,3	12,2	100%	7	11,7	11,5	98%	7	4,4				4,3				4,2				4,2				4,3				4,2				4,3			
F. histidin	g/FEsv	3,7	3,6	98%	7	4,0	3,9	96%	7	1,6				1,9				1,5				1,5				1,6				1,5				1,6			
F. fenylalanin	g/FEsv	7,9	8,2	103%	7	7,7	7,8	101%	7	3,0				3,0				2,8				2,8				2,9				2,8				2,9			
F. fenyl+tyr	g/FEsv	13,9	13,8	100%	7	13,0	12,9	100%	7	5,0				5,0				4,7				4,7				4,9				4,7				4,8			
F. valin	g/FEsv	7,8	7,5	96%	14	7,5	7,3	97%	14	3,0	3,3	112%	4	3,1	3,2	103%	4	2,8	3,1	108%	4	2,8	3,0	107%	4	2,9	3,2	109%	4	48,6	38,0	78%	5	7,0	8,2	117%	4

Appendiks 3. Fordøjeligt indhold i foderet for hver af de ni grupper

Indhold af udvalgte analyserede næringsstoffer i de ni forsøgsgrupper samt foderpris (5 års gns.)

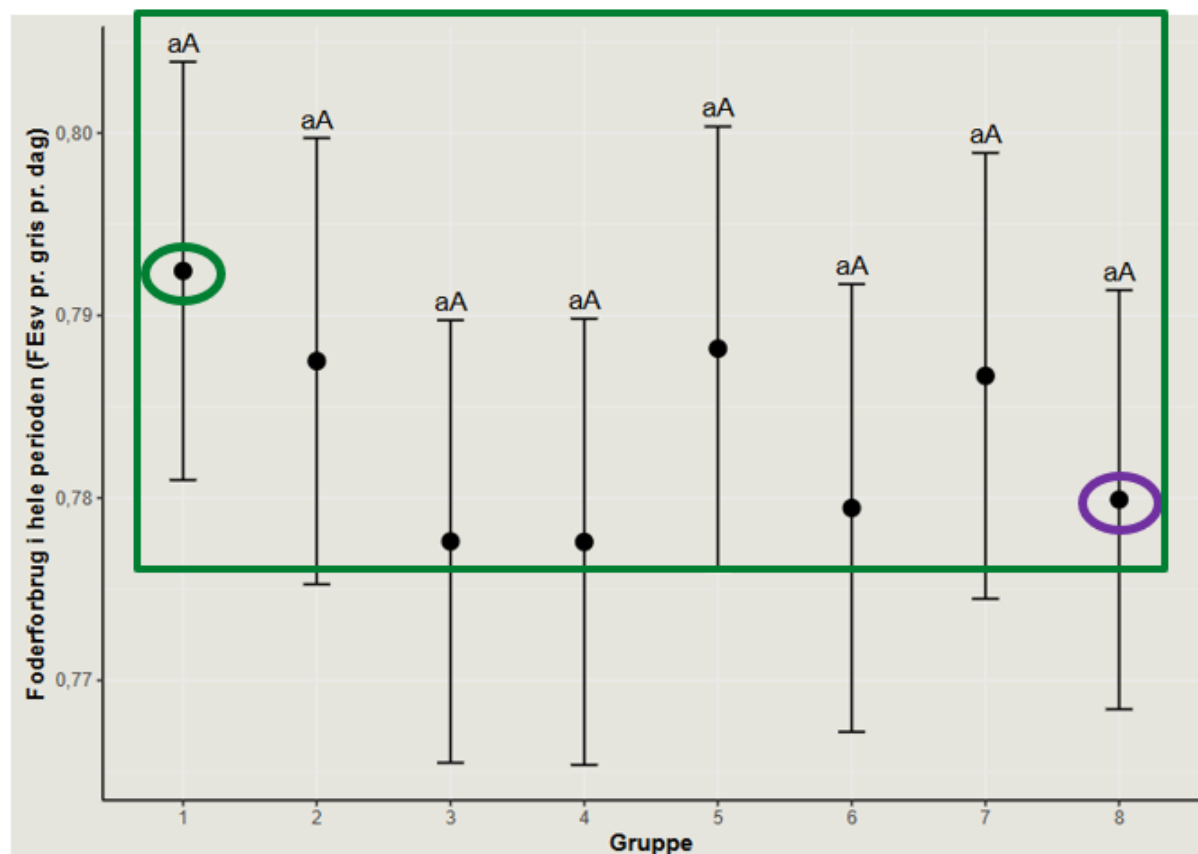
Gruppe	1	2	% af gr.1	3	% af gr.1	4	% af gr.1	5	% af gr.1	6	% af gr.1	7	% af gr.1	8	% af gr.1	9	% af gr.1
Fordøjeligt indhold, gram pr. FEsv																	
F råprotein	145	149		149		150		149		150		147		150		155	
F Lysin:Leucin, %	101	132		131		131		133		131		101		129		114	
F lysin	10,0	13,0	130%	12,9	129%	12,9	129%	13,1	131%	12,9	129%	10,0	99%	12,7	127%	11,3	112%
F methionin	3,0	4,5	147%	4,4	144%	4,5	147%	4,3	141%	3,1	101%	4,5	147%	4,6	151%	3,5	114%
F methionin+cystin	5,3	6,7	126%	6,6	124%	6,7	126%	6,5	123%	5,3	100%	6,7	127%	6,8	128%	5,7	107%
F treonin	6,3	8,4	134%	8,5	135%	8,5	135%	6,2	99%	8,4	134%	8,5	136%	8,5	136%	7,1	113%
F tryptofan	2,3	2,3	99%	2,9	125%	2,3	100%	2,9	126%	2,9	126%	2,9	126%	2,9	126%	2,6	115%
F isoleucin	5,4	5,4	100%	5,4	100%	5,4	100%	5,4	100%	5,4	100%	5,4	100%	5,4	100%	5,4	100%
F leucin	9,9	9,9	100%	9,9	100%	9,9	99%	9,9	100%	9,9	100%	9,9	100%	9,8	99%	9,9	100%
F histidin	3,2	3,2	100%	3,2	100%	3,2	100%	3,2	100%	3,2	100%	3,2	100%	3,2	100%	3,2	100%
F fenylalanin	6,7	6,7	100%	6,7	100%	6,7	100%	6,7	100%	6,7	100%	6,7	100%	6,7	100%	6,7	100%
F fenylalanin+tyrosin	11,2	11,1	100%	11,1	100%	11,1	100%	11,1	100%	11,1	100%	11,1	100%	11,1	100%	11,1	100%
F valin	6,4	6,3	99%	6,3	98%	8,0	125%	8,1	127%	8,0	124%	8,0	124%	8,0	124%	7,5	117%
FEsv, 100 kg	109	110	101%	110	101%	110	101%	110	101%	110	100%	110	101%	110	101%	109	100%
Kr. / 100 FEsv	274,75	284,21	103%	293,40	107%	293,00	107%	299,51	109%	298,92	109%	298,69	109%	302,19	110%	293,33	107%
Næringsstoffer i forhold til lysin (fordøjeligt indhold)																	
g F Råprotein/10 g Lysin ¹	144	114		115		116		113		116		148		118		137	
F Methionin:Lysin	30%	34%		34%		35%		33%		24%		45%		36%		31%	
F Met+Cys:Lysin	53%	51%		51%		52%		50%		41%		67%		53%		50%	
F Threonin:Lysin	63%	65%		66%		65%		47%		65%		86%		67%		63%	
F Tryptofan:Lysin	23%	17%		22%		18%		22%		22%		29%		23%		23%	
F Isoleucin:Lysin	54%	42%		42%		42%		41%		42%		54%		42%		48%	
F Leucin:Lysin	99%	76%		76%		76%		75%		76%		99%		77%		87%	
F Histidin:Lysin	32%	25%		25%		25%		25%		25%		32%		25%		29%	
F Fenylalanin:Lysin	67%	51%		52%		52%		51%		52%		67%		52%		59%	
F Fen+Tyr:Lysin	111%	86%		86%		86%		85%		86%		112%		87%		99%	
F Valin:Lysin	64%	49%		49%		62%		62%		62%		80%		62%		67%	

¹ Når udtrykket "gram fordøjeligt råprotein pr. 10 gram fordøjeligt lysin" er på ca. 145 gram eller derover, er niveauet af lysin på niveau med det såkaldte idealproteinforhold, som de danske vækstgrisenormer fulgte indtil 2019.

Appendiks 4. Foderoptagelse, FEs_v pr. gris pr. dag, hele perioden (6-30 kg)

Små bogstaver angiver sammenligninger med **gruppe 1** ("negativ kontrol").

Store bogstaver angiver sammenligninger med **gruppe 8** ("positiv kontrol").



Lysin -ekstradosering		Lys	Lys	Lys	Lys	Lys		Lys	
Methionin -ekstradosering		Met	Met	Met	Met		Met	Met	
Treonin -ekstradosering		Tre	Tre	Tre		Tre	Tre	Tre	
Tryptofan -ekstradosering			Try		Try	Try	Try	Try	
Valin -ekstradosering				Val	Val	Val	Val	Val	
Ammoniumklorid (NH ₄ Cl)									

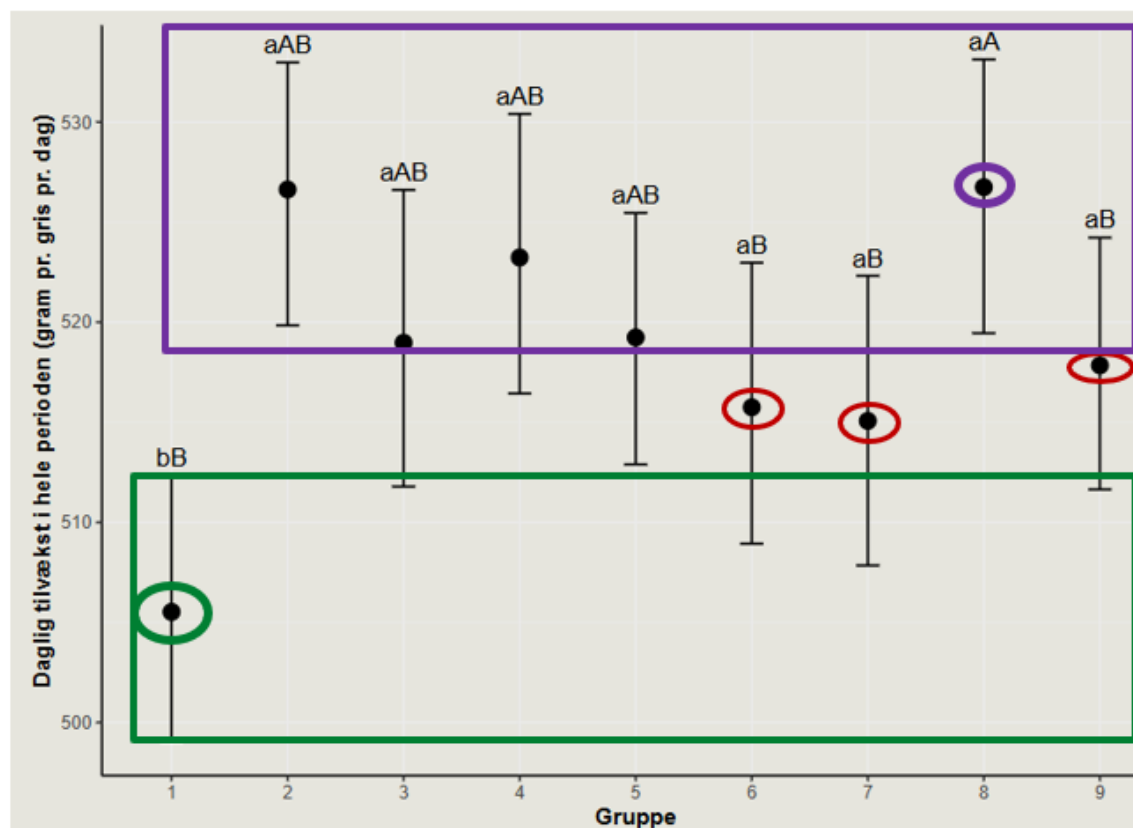
Gruppe 9 er udgået af foderopførelsen pga. foderspild

Grøn indramning af grupperne betyder, at de ikke adskiller sig statistisk sikkert fra gruppe 1 "negativ kontrol", uden ekstra aminosyreniveau ift. idealproteinforholdet.

Appendiks 5. Daglig tilvækst, gram pr. gris pr. dag, hele perioden (6-30 kg)

Små bogstaver angiver sammenligninger med **gruppe 1** ("negativ kontrol").

Store bogstaver angiver sammenligninger med **gruppe 8** ("positiv kontrol").



Lysin -ekstradosering		Lys	Lys	Lys	Lys	Lys		Lys	½ Lys
Methionin -ekstradosering		Met	Met	Met	Met		Met	Met	½ Met
Treonin -ekstradosering		Tre	Tre	Tre		Tre	Tre	Tre	½ Tre
Tryptofan -ekstradosering			Try		Try	Try	Try	Try	½ Try
Valin -ekstradosering				Val	Val	Val	Val	Val	½ Val
Ammoniumklorid (NH ₄ Cl)									0.4% NH ₄ Cl

Grøn indramning af grupperne betyder, at de ikke adskiller sig statistisk sikkert fra gruppe 1 "negativ kontrol", uden ekstra aminosyreniveau ift. idealproteinforholdet.

Lilla indramning af grupperne betyder, at de ikke adskiller sig statistisk sikkert fra gruppe 8 "positiv kontrol".

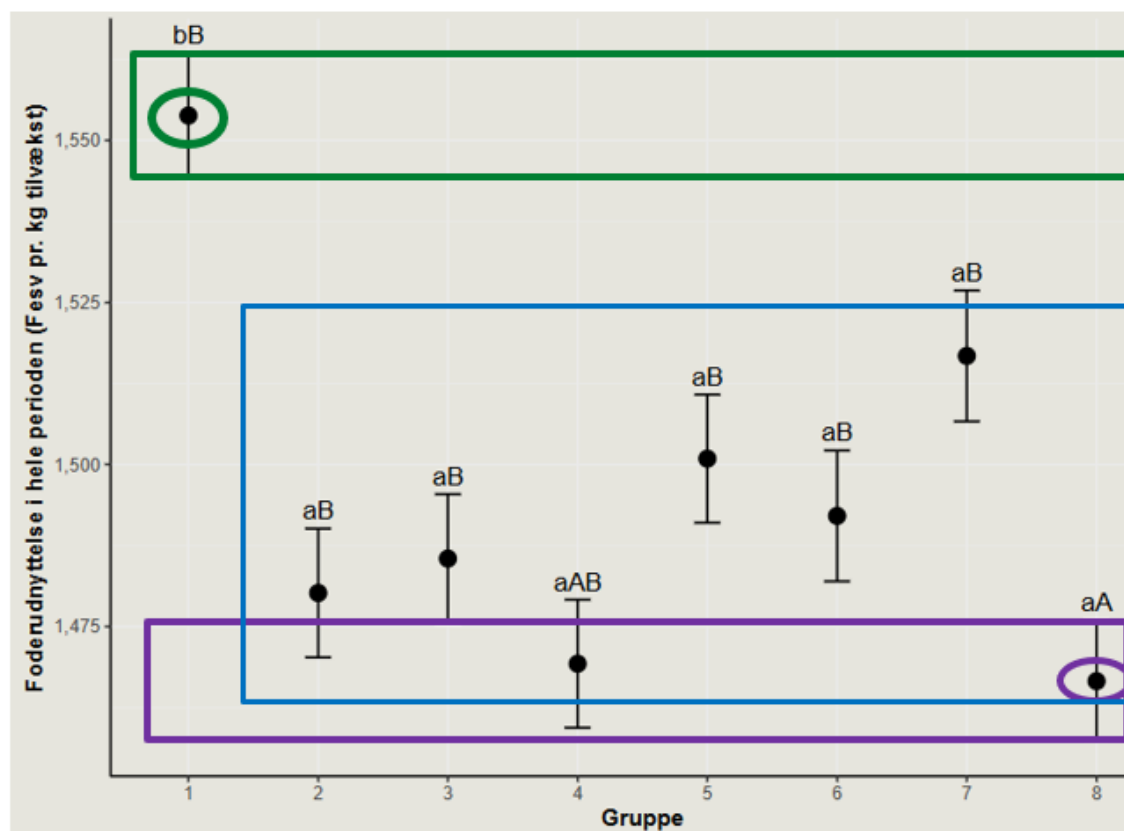
Markering med røde ellipser af gruppernes tilvækstresultater betyder, at de adskiller sig statistisk sikkert fra gruppe 1 "negativ kontrol".

Mindste sikre forskel: 13 gram daglig tilvækst.

Appendiks 6. Foderudnyttelse, FEs_v pr. kg tilvækst, hele perioden (6-30 kg)

Små bogstaver angiver sammenligninger med **gruppe 1** ("negativ kontrol").

Store bogstaver angiver sammenligninger med **gruppe 8** ("positiv kontrol").



Lysin -ekstradosering		Lys	Lys	Lys	Lys	Lys		Lys	
Methionin -ekstradosering		Met	Met	Met	Met		Met	Met	
Treonin -ekstradosering		Tre	Tre	Tre		Tre	Tre	Tre	
Tryptofan -ekstradosering			Try		Try	Try	Try	Try	
Valin -ekstradosering				Val	Val	Val	Val	Val	
Ammoniumklorid (NH ₄ Cl)									

Gruppe 9 er udgået af foderopgørelsen pga. foderspild

Grøn indramning af grupperne betyder, at de ikke adskiller sig statistisk sikkert fra gruppe 1 "negativ kontrol", uden ekstra aminosyreniveau ift. idealproteinforholdet.

Lilla indramning af grupperne betyder, at de ikke adskiller sig statistisk sikkert fra gruppe 8 "positiv kontrol".

Blå indramning af grupperne betyder, at de adskiller sig statistisk sikkert fra gruppe 1 "negativ kontrol".

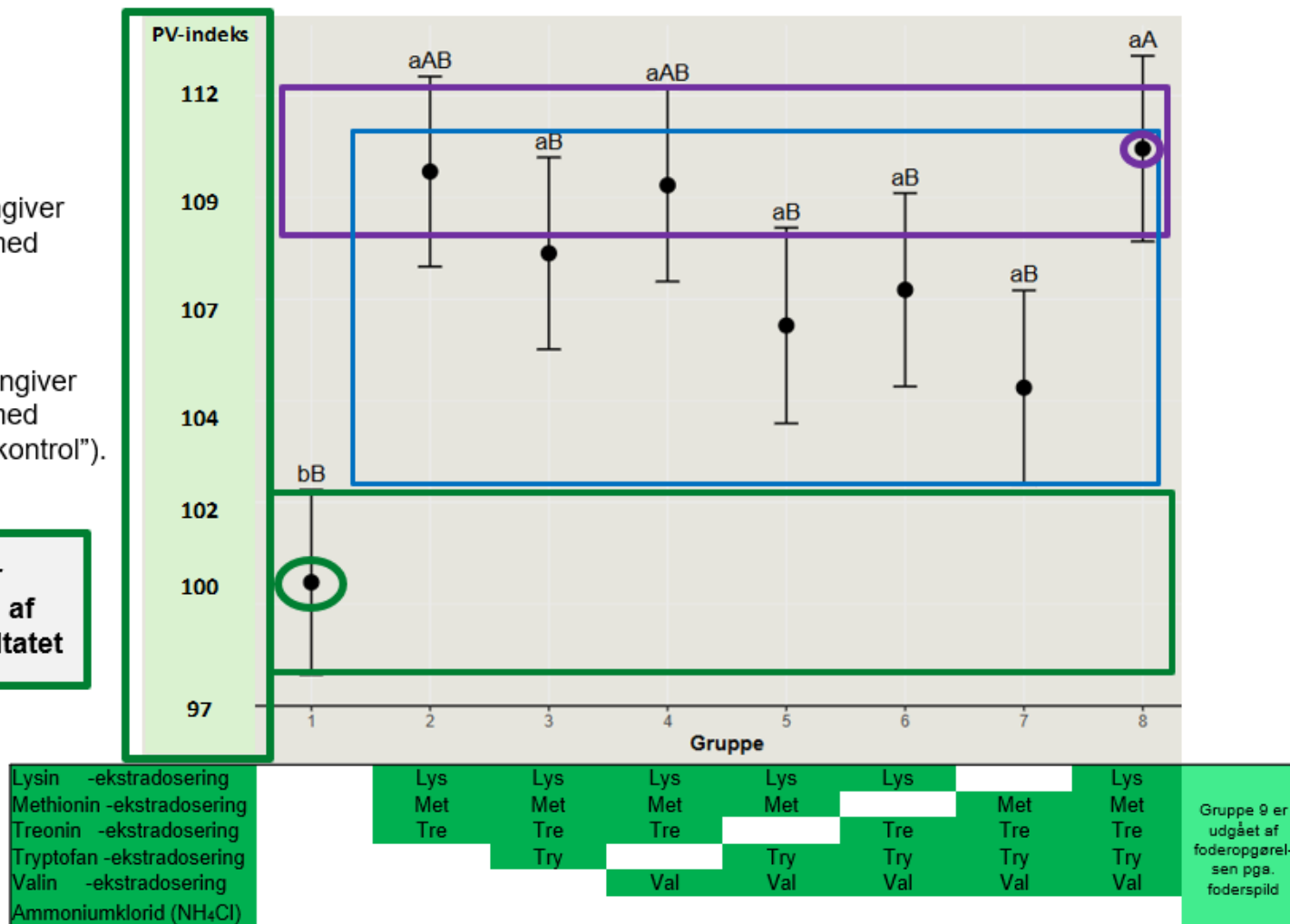
Mindste sikre forskel: 0,013 FEs_v pr. kg tilvækst.

Appendiks 7. Produktionsværdi pr. gris (indeks), hele perioden (6-30 kg)

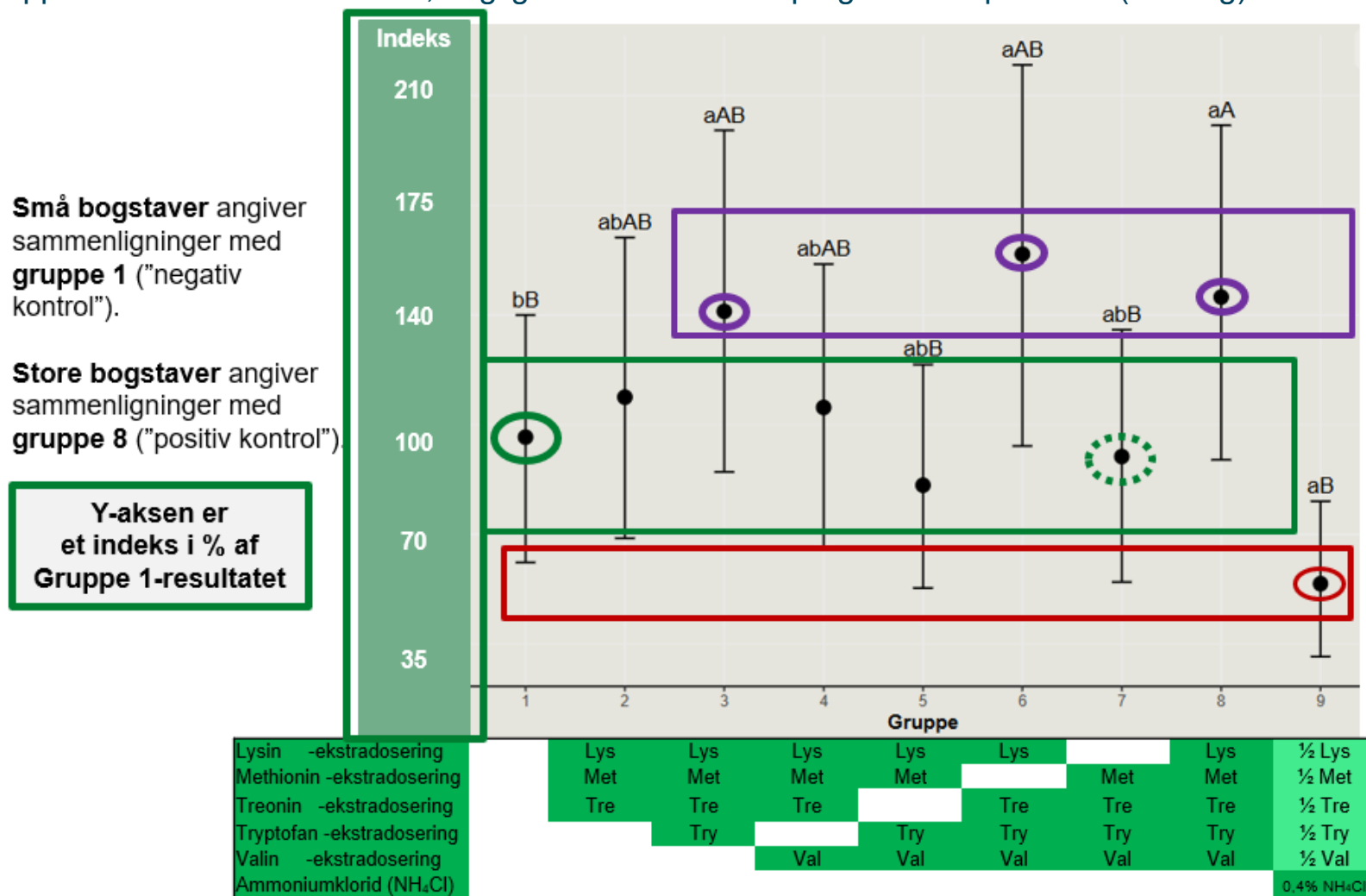
Små bogstaver angiver sammenligninger med **gruppe 1** ("negativ kontrol").

Store bogstaver angiver sammenligninger med **gruppe 8** ("positiv kontrol").

Y-aksen er et indeks i % af Gruppe 1-resultatet



Appendiks 8. Diarréforekomst, daglige antibiotikadoser pr. gris i hele perioden (6-30 kg)



Grøn indramning af grupperne betyder, at de ikke adskiller sig statistisk sikkert fra gruppe 1 "negativ kontrol", uden ekstra aminosyreniveau ift. idealproteinforholdet.

Lilla indramning af grupperne betyder, at de ikke adskiller sig statistisk sikkert fra gruppe 8 "positiv kontrol".

Rød indramning af grupperne betyder, at de adskiller sig statistisk sikkert både fra gruppe 1 "negativ kontrol" og fra gruppe 8 "positiv kontrol".

Mindste sikre forskel: ca. 30 indekspoint.

Appendiks 9. Beregnet sulfatindhold foderet i hele perioden (6-30 kg)

Lysinsulfat er anvendt til ekstra dosering i stedet for lysin-HCl (som i Meddelelse nr. 1263 [3]).

Gruppe	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Lysin 35% ekstradosering		Lys	Lys	Lys	Lys	Lys		Lys	+15% Lys
Methionin 35% ekstradosering		Met	Met	Met	Met		Met	Met	+15% Met
Treonin 35% ekstradosering		Tre	Tre	Tre		Tre	Tre	Tre	+15% Tre
Tryptofan 35% ekstradosering			Try		Try	Try	Try	Try	+15% Try
Valin 35% ekstradosering				Val	Val	Val	Val	Val	+15% Val
Ammoniumklorid (NH ₄ Cl)									0,4% NH ₄ Cl
Antal stier	106	84	86	84	85	83	84	105	85
Sulfat, g/FEsv i færdigblanding	2,3	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	2,3	3,9	3,0

Foreløbigt bud på maks.-grænser for sulfat i færdigfoder

6-9 kg	3,0 g pr. FEsv eller 3,5 g pr. kg	Evt. lavere, hvis drikkevand indeholder omkring max grænse på 250 mg pr liter – bliver til ca. 0,5 mg pr. FEsv (normalt kun 0,1 g pr. liter i DK)
9-15 kg	3,5 g pr. FEsv eller 4,0 g pr. kg	
15-30 kg	4,0 g pr. FEsv eller 4,3 g pr. kg	
Slagtegrise	5,0 g pr. FEsv	
Indregn lysinsulfat, kobbersulfat, jernsulfat og sulfat i råvarer, som har mødt svovlsyre, f.eks. AX3 Digest.		