

TREONIN:LYSIN-BEHOVET OVERESTIMERES VED DEN TRADITIONELLE FORSØGSMETODE

Niels Morten Sloth^a, Julie Krogsdahl Bache^a, Jens Vinther^a, Per Tybirk^a, Maiken C.N. Engelsmann^b, Sabine Stoltenberg Grove^a og Bjarne Nielsen^a

^a SEGES Innovation P/S, Den rullende Afprøvning

^b Aarhus Universitet, Foulum

STØTTET AF

Svineafgiftsfonden

Hovedkonklusion

Behovet for treonin i forhold til lysin kan variere fra 50-63 %, afhængigt af forsøgsmetode. Samlet set vurderes de to aminosyrer at være biologisk lige begrænsende, når treonin udgør ca. 58 % af lysin. Den traditionelle metode til bestemmelse af aminosyrebehov overestimerer generelt behovet for den undersøgte aminosyre i forhold til lysin.

Sammendrag

Der er gennemført en afprøvning med i alt 31.882 smågrise fordelt på 25 kombinationer af fem lysin- og fem treoninniveauer.

Behovsestimatet for en aminosyre i forhold til lysin bliver højere ved de traditionelle aminosyreforsøg. Ved undersøgelser af behov for meget dyre eller ikke-tilsætbare aminosyrer i forhold til lysin vil denne metode medføre et unødigt højt proteinindhold i foderet og ringere proteinudnyttelse.

Afprøvningen har vist, at det har stor betydning, om treoninbehovet undersøges ved et lysinniveau, der er begrænsende for produktiviteten (hvilket er den metode, der traditionelt er anvendt til aminosyreforsøg internationalt), eller om treoninbehovet undersøges via *det omvendte forsøgsdesign*, hvor man holder treonin begrænsende og undersøger, hvilket lysinniveau der er nødvendigt for at udnytte et givet treoninniveau maksimalt.

Forskellen på resultaterne mellem disse to metoder er 13 %-enheder, idet den førstnævnte metode gav et lysin:treonin-forhold på 63 %, mens *det omvendte*

forsøgsdesign gav et lysin:treonin-forhold på 50 %. Ved en tredje metode, hvor begge aminosyrer er lige begrænsende, var lysin:treonin-forholdet ca. 56-59 %. Den tredje metode skønnes at være den bedste, fordi den mindsker risikoen for produktivitetstab ved unøjagtigheder i foderfremstillingen. Den traditionelle metode overestimerede i dette tilfælde behovet med ca. 5 %-enheder, hvilket svarer til, at

treonin:lysin-behovet med metoden bag det såkaldte Idealproteinforhold vil overestimere behovet for treonin med ca. 9 %. Det er især kritisk ved undersøgelser af behov for meget dyre eller ikke-tilsætbare aminosyrer, da et overestimeret behov for disse vil øge proteinniveauet unødigt og forringe proteinudnyttelsen. Eksempler på meget dyre aminosyrer, der er tilladt at tilsætte foderet i krystallinsk form, er isoleucin, leucin og histidin. I stedet for at tilsætte disse vil proteinindholdet blive hævet i foderet, altså samme løsning som ved ikke-tilsætbare aminosyrer. Den såkaldte Idealproteinprofil trænger derfor til et eftersyn med hensyn til disse aminosyrer samt tryptofan, valin og summen af fenyilalanin og tyrosin.

Det blev desuden vist, at estimererne for Treonin:Lysin steg, jo mere begrænsende lysin var, nemlig fra 58 % ved 11,8 gram lysin til 63 % ved 10,1 gram lysin pr. FEsv. Det kan være endnu en del af forklaringen til variationen i estimerer mellem forskellige forsøg.

Ved det anvendte niveau af fordøjeligt protein på 154 gram pr. FEsv blev der fundet følgende behov til maksimal produktivitet, målt i fordøjelig aminosyre pr. FEsv:

- Treonin: 6,9 eller 6,5 gram, ved henholdsvis den kurvelineære eller den brækkede linjes metode
- Lysin: 12,3 eller 11,0 gram, ved henholdsvis den kurvelineære eller den brækkede linjes metode.

Disse estimerer vil være højere ved foder med højere proteinindhold som vist i en nyligt afrapporteret afprøvning [23]. I nærværende afprøvning var fordøjeligt leucin (10,7 gram pr. FEsv) og fordøjeligt histidin (3,4 gram pr. FEsv) sandsynligvis de mest begrænsende aminosyrer ved høje treonin- og lysinniveauer.

Det estimerede treonin:lysin-forhold, der giver maksimal produktivitet, er bestemt til ca. 58 % som et gennemsnit af den kurvelineære eller den brækkede linjes metode, hvor begge aminosyrer var lige begrænsende.

Det var ikke muligt i denne afprøvning at bekræfte hypotesen om, at høje treoninniveauer skulle kunne reducere behovet for behandling mod diarré. Ved revurderingen af normen for treonin:lysin har dette indgået i overvejelserne, samt at det (grundet prisforholdet mellem de to aminosyrer) er lidt billigere at have lidt sikkerhedsmargin på treonin i forhold til den biologisk optimale balance.

Baggrund

Behovet for fordøjeligt treonin pr. foderenhed blev i Danmark senest undersøgt i 2001-2002 [1]. Undersøgelsen foregik under det tidligere fodervurderingssystem, og der kan være tvivl om, hvilket lysinniveau resultatet burde sættes i forhold til i det pågældende forsøg. Rimelige estimerer herpå kan resultere i treonin:lysin-forhold fra 57-62 %, men to efterfølgende forsøg på at fastsætte lysinbehovet til maksimal produktivitet [2, 3] er strandet ved, at grisenes avlsmæssige kapacitet for udnyttelse af højt lysinindhold i foderet har udviklet sig hurtigt, og de to sæt forsøgsdesign inkluderede ikke niveauer, der var høje nok til at fastslå præcise toppunkter. Den danske treonin-norm er 62 % af lysinindholdet hos smågrise og 66 % hos slagtesvin. De franske normer er 65 % til smågrise og 67-68 % til slagtesvin [4]. De amerikanske normer fra NRC er mellem 60 og 66 %, afhængigt af aldersgruppe [5].

Traditionelle forsøg til bestemmelse af én aminosyre i forhold til et begrænsende niveau af lysin giver et overestimat af behovet for den undersøgte aminosyre. Dette er påvist og diskuteret i meddelelse nr. 881, side 12-14 [6]. Kort fortalt, skyldes overestimeringen, at man i dette klassiske design ønsker at udtrykke behovet for den undersøgte aminosyre i forhold til lysin og derfor er nødt til at holde lysinniveauet i underforsyning i forhold til lysinbehovet til maksimal produktivitet. Denne grad af lysinunderforsyning er oftest ukendt, og forskerne går gerne ret langt ned i lysinniveau i disse forsøg for en sikkerheds skyld.

Det er tidligere blevet beskrevet, hvordan absorberede aminosyrers udnyttelse til vævsdannelse kan variere fra 60-80 %, idet Kyriazakis og Whitemore, 2006 [7] diskuterede, om *protein cycling*, som dansk oversat er den cykliske proteinopbygning og -nedbrydning, kunne være skyld i tabt udnyttelse af absorberede aminosyrer. I flere andre forsøg er det vist, at grisenes lysinforbrug stiger fra ca. 16-20 gram pr. kg tilvækst i vækstintervallet fra ca. 10-30 kg, jo højere lysinkoncentration, der er i foderet [8]. Med andre ord, falder effektiviteten af lysin med stigende lysinkoncentration, svarende til ca. 25 % i dette eksempel. Noget tilsvarende er vist for treonin af de Lange, Gillis og Simpson [9]. Dette betyder, at jo lavere lysinniveau, jo bedre lysinudnyttelse hos grisene i de klassiske "Aminosyre:Lysin"-forsøg og dermed større overestimering af behov for den undersøgte aminosyre i forhold til den efterfølgende praktiske fodring, hvor man tilstræber et lysinniveau, der giver tæt på maksimal produktivitet.

Som eksempel på dette kan bruges valin, idet der er gennemført mange traditionelle Valin:Lysin-forsøg, og Valin:Lysin-behovet er estimeret fra 64 % til godt 70 % i forskellige studier [10-14]. Generelt giver den metode, der betegnes brækket linje (BL), lavere estimater end den kurvelineære (KL) metode. Den danske norm til grise i vækst er sat til 67 % valin:lysin. Nye resultater [15] hos smågrise fra 7-29 kg med to samtidige dosisresponsundersøgelser, hvor der ved henholdsvis lavt og normalt proteinniveau blev doseret stigende mængder af tilsat frit lysin, methionin, treonin og tryptofan i et fast indbyrdes forhold, påviste, at der for begge proteinniveauer blev opnået maksimal produktivitet ved niveauer af valin, isoleucin, leucin og histidin på henholdsvis 60, 48, 89 og 29 % af lysin. En undersøgelse hos slagtegrise med tilsvarende forsøgsdesign [16, Tabel 4] viste, at noget lignende gør sig gældende hos disse. Vi ved dog ikke, hvilken eller hvilke af de ovenstående aminosyrer, der var begrænsende, men kan blot konstatere, at daglig tilvækst og foderudnyttelse kunne forbedres henholdsvis 35 gram og 0,07 FESv pr. kg tilvækst hos smågrisene ved at give mere lysin, methionin, treonin og tryptofan i forhold til det niveau, der svarede til 67 % valin:lysin. Herved faldt valin i forhold til lysin, og produktiviteten blev forbedret, indtil valin kun udgjorde 60 % af lysin.

Derfor ønskes det undersøgt, hvad det rigtige forhold mellem aminosyrerne treonin og lysin er i foder til smågrise med nutidig genetik og produktionsforhold. For at opnå dette skal lysin- og treoninbehovet bestemmes samtidigt i en dobbelt dosisrespons-undersøgelse efter samme princip som ved slagtegrise [17]. Her blev treoninbehovet til maksimal produktivitet bestemt ved højt niveau af de øvrige aminosyrer i foder med relativt højt proteinindhold. Ligeledes blev lysinbehovet til maksimal produktivitet bestemt ved højt niveau af de øvrige aminosyrer. Treonin:Lysin-forholdet blev derefter fastlagt ved division mellem de to toppunkter, og resultatet var 66 %. Det brugte forsøgsdesign udvides, så der på samme tid kan gennemføres en responsfladeundersøgelse og samtidige dosisresponsundersøgelser for treoninbehov ved flere lysinniveauer samt dosisresponsundersøgelser for lysinbehov ved flere treoninniveauer. Dette udføres, da der som nævnt ovenfor forventes en vekselvirkning i bestemmelsen af det forhold mellem de to aminosyrer, der giver maksimal produktivitet, afhængigt af hvilket lysinniveau treoninbehovet undersøges ved, og hvilket treoninniveau lysinbehovet undersøges ved. Behovet for treonin i procent af lysin bestemmes ved forholdet mellem de respektive toppunkter for de to aminosyrer.

Desuden ønskes det undersøgt, om høje niveauer af treonin, eksempelvis 70 % af lysin, kan have en positiv effekt på diarréforekomsten. Denne hypotese begrundes af treonins gavnlige indflydelse i mavetarmkanalen, idet tarmslimhinden udskiller treoninholdige stoffer kaldet muciner, der beskytter slimhinden mod blandt andet infektioner [18]. Det er kendt, at der ved infektioner sker en øget udskillelse af muciner, hvilket medfører et højere forbrug af treonin. Dette sandsynliggør, at smågrise med diarré har et højere behov for treonin end raske grise. På denne baggrund kan et højt indhold af treonin i foderet måske både afhjælpe diarréproblemer ved øget mucinproduktion samt optimere foderudnyttelse og tilvækst, idet treonin kan være den begrænsende aminosyre for tilvæksten, når forbruget af treonin i tarmen øges.

Formålet med denne afprøvning var at undersøge lysin- og treoninbehov i foder til maksimal produktivitet hos smågrise med nutidig genetik og under gældende produktionsforhold. Samtidigt bestemmes det rigtige forhold mellem aminosyrerne treonin og lysin, idét behovet for treonin i procent af lysin bestemmes ved forholdet mellem de respektive toppunkter for de to aminosyrers dosisresponsfunktioner for produktionsværdi. Produktionsværdi er et samlende udtryk for produktivitet ved at sammenveje værdien af daglig tilvækst og foderudnyttelse med femårige gennemsnitspriser, hvor foderprisen er ens for alle grupper. Det ønskedes sekundært belyst, om et højt treoninniveau i foderet kunne reducere antibiotikabehandlinger mod diarré, hvis dette skulle forekomme under afprøvningen.

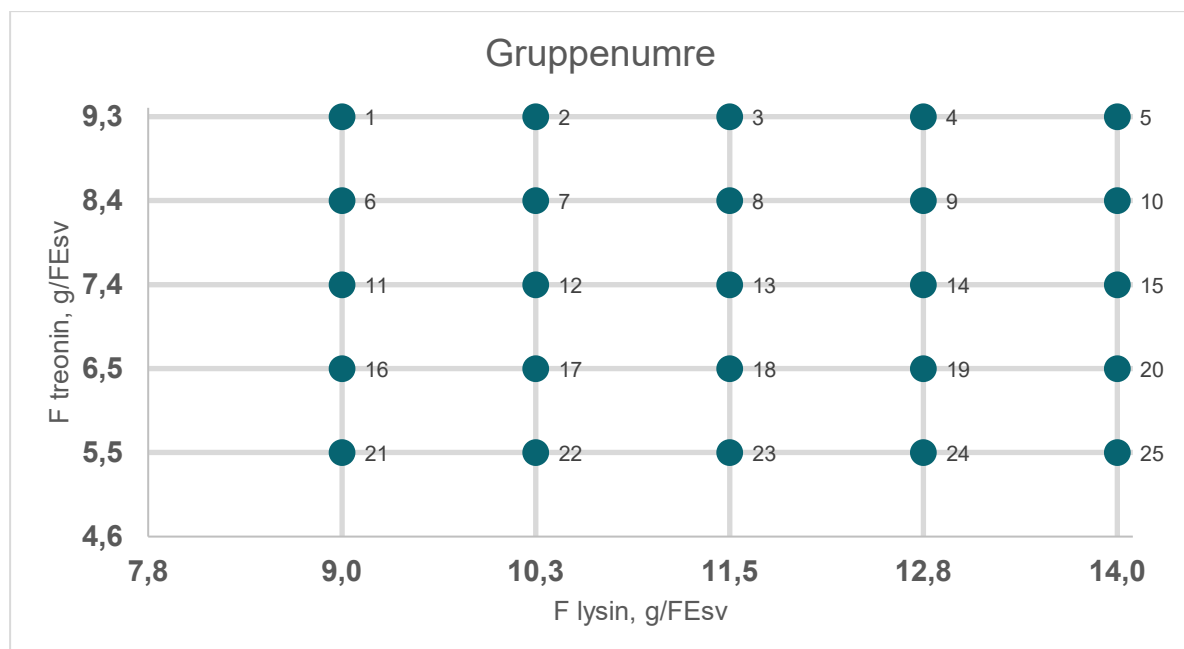
Materialer og metoder

Afprøvningen er gennemført i en besætning, hvor der anvendes hjemmeblandet melfoder, som udfodres med computerstyret tørfodringsanlæg, hvor én ventil forsyner en dobbeltsti, og foderopgørelsen foregår på ventilniveau. Til afprøvningen blev der produceret fire færdigfoderblandinger, der i det følgende benævnes "grundblandinger".

Fodermiddelsammensætningen ses i Appendiks 1. Mineralfoderblandingerne til de fire grundblandinger blev leveret af Nutrimin A/S, Bodalen 11, 8643 Ans By.

Foderblandinger og forsøgsdesign

De fire grundblandinger blev kombineret i forskellige forhold, hvilket gav 25 forsøgsbehandlinger, herefter kaldet "grupper", med forskellige kombinationer af fordøjeligt lysin- og treoninindhold, som det også er illustreret i Figur 1. De analyserede niveauer og deraf beregnede fordøjelige indhold ses for henholdsvis grundblandingerne og de 25 grupper i Appendiks 2 og 3. I afprøvningsperioden indgik i alt 31.882 smågrise fordelt på de 25 grupper. I hver gruppe var der 22-27 gentagelser (se Tabel 1), hvor hver gentagelse var gennemsnitsresultater fra en dobbeltsti med 50-60 grise, ca. 55 grise i gennemsnit pr. dobbeltsti.



Figur 1. Forsøgsdesign med 25 grupper. Figuren viser de planlagte niveauer af fordøjeligt lysin og treonin pr. FEsv.

Som det ses i Figur 1, blev lysin og treonin tildelt i 25 kombinationer, idet lysin tilsættes i fem doser fra 9,0 til 14,0 gram fordøjeligt lysin ved henholdsvis 5,5; 6,5; 7,4; 8,4 og 9,3 gram fordøjeligt treonin pr. FEsv.

Det anvendte design er af typen *Balanceret Ikke-komplet Blok Design*, hvor der på skift kan undværes forsøgsbehandlinger i hvert hold, hvorved de samtidige dosisresponsundersøgelser kan gennemføres med færre end 25 grupper for det enkelte hold. Der var 16 dobbeltstier pr. sektion i den aktuelle besætning, og der var afsat plads til at op til fire dobbeltstier i hver sektion var "uden for forsøg", hvilket gav plads til at indsætte 12-14 grupper pr. sektion. I hver sektion blev der indsat enten ulige eller lige gruppenumre, og i de ekstra dobbeltstier blev grisene indsat som gruppe 13, da denne gruppe "ligger midt i designet" (Figur 1), og det er hensigtsmæssigt at have flest gentagelser midt i designet ved opgørelse efter responsflade-metoden.

Grisene blev indsat efter gennemsnitsvægt pr. dobbeltsti og fik tildelt afprøvningsgruppenummer efter en randomiseret plan, hvor det blev sikret, at der ikke var i nærheden af statistisk sikker sammenhæng mellem indsættelsesvægt i forhold til proteinniveau, aminosyreniveau eller vekselvirkning deraf ($p > 0,96$). Dette var nødvendigt, da det ikke var muligt at gennemføre holdopdeling efter vægtkategori, som normalt praktiseres i afprøvninger, hvor der kun er få grupper.

Tabel 1. Antal gennemførte gentagelser i forhold til planlagte niveauer af treonin og lysin.

Fordøjeligt treonin, gram pr. FEsv	Fordøjeligt lysin, gram pr. FEsv				
	9,0	10,3	11,5	12,8	14,0
9,3	24	23	22	24	24
8,4	22	23	24	24	24
7,4	24	24	27	23	24
6,5	23	22	24	24	24
5,5	23	24	23	24	24

Foderprøver

Der blev ugentligt udtaget foderprøver af de fire grundblandinger, som blev samlet til samleprøver, der dækkede en periode på fire uger. Der blev analyseret 11 stk. samleprøver pr. grundblanding i afprøvningsperioden. Derudover blev der ugentligt udtaget stikprøver fra foderautomaterne for at kontrollere, at det planlagte blandingsforhold af de fire grundblandinger blev opnået. Disse prøver blev samlet over en periode på seks uger, og der blev analyseret syv prøver for hver af de 25 grupper. Det anvendte laboratorium blev minimum hver fjerde uge sammenlignet med to andre akkrediterede laboratorier på de centrale analyser (energi, aminosyrer og mineraler) via SEGES Innovations ringanalyser. Her blev det kontrolleret for eventuelle niveauskred, som potentielt kunne påvirke konklusionen på analyseresultaterne fra denne afprøvning. Det var ikke tilfældet i afprøvningsperioden.

Registreringer

De analyserede værdier af energi (FEsv) og aminosyrer blev anvendt ved opgørelsen af forsøgsresultaterne.

Produktivitet som effekt af lysin- og treoninniveauerne blev målt ved registrering af daglig tilvækst og foderoptagelse, og hermed kunne foderudnyttelse beregnes. Værdien af daglig tilvækst og foderudnyttelse blev med basis i femårs gennemsnitspriser og samme foderpris for alle grupper sammenvejet til udtrykket produktionsværdi, som var den primære parameter. De sekundære parametre var sygdomsbehandlinger samt dødelighed.

På en delmængde af stierne blev antallet og konsistensen af diarrékatter vurderet af en ph.d.-studerende ved Aarhus Universitet [26].

Statistik

Afprøvningen er dimensioneret som en serie af samtidige dosisresponsundersøgelser for hvert af de fem treonin- og lysinniveauer til at kunne fastlægge det "knæpunkt" på en kurvelineær funktion for henholdsvis lysin- og treoninniveau, der giver maksimal produktionsværdi (inden hvert niveau af den anden aminosyre) med et konfidensinterval på henholdsvis ca. 0,4 gram fordøjeligt lysin og treonin pr. FEsv (x-aksen) ud fra den residualspredding, der er konstateret i den aktuelle afprøvningsbesætning.

Samtidigt kan designet betragtes som et responsfladeforsøg, som er godt til at undersøge vekselvirkninger mellem to eller flere næringsstoffer samtidigt [19].

Responsfunktioner i dosis-responsforsøg er diskuteret af blandt andre Robins et al. 2006 [20] og Gonçalves et al. 2016 [21]. Funktionerne kan i en non-lineær mixed model i SAS undersøge effekten af næringsstoffosis med sammensatte funktionstyper, eksempelvis en kurve plus en flad linje. Denne funktionssammensætning kaldes "kurvelineær plateau" eller blot KL-plateau. En anden funktionssammensætning, der ofte anvendes, er "brækket linje plateau" eller blot BL-plateau. Ved begge typer antages det, at den undersøgte parameters respons "flader ud" efter toppunktet, hvilket ofte er fundet [10-14].

Metode 1

Den traditionelle metode, der bruges ved dosis-responsforsøg med hensyn til aminosyrebehov i grisefoder, anvender ovenstående metoder under forhold, hvor lysin er begrænset i forhold til det lysinniveau, der i den pågældende dyregruppe vil give maksimal produktivitet. Ved denne metode tildeles den undersøgte aminosyre i stigende dosis, mens lysinniveauet er konstant. Årsagen til det begrænsede lysinniveau er, at behovet for de øvrige aminosyrer ønskes udtrykt i forhold til lysin. I den resterende del af denne meddelelse omtales denne forsøgsmetode som "Metode 1".

Metode 2

På næsten samme måde kan der gennemføres forsøg, hvor den undersøgte aminosyre (x) holdes konstant og begrænset i forhold til det niveau af denne aminosyre, der i den pågældende dyregruppe vil give maksimal produktivitet, samtidig med at lysin tildeles i stigende dosis. Resultatet for behovsestimatet vil umiddelbart blive udtrykt som et lysin: aminosyre (x)-forhold. Det kan også udtrykkes som den "omvendte brøk": aminosyre (x):lysin, %. I den resterende del af denne meddelelse omtales denne forsøgsmetode som "Metode 2".

Metode 3

Der findes også en tredje variant, hvor behovet for lysin og aminosyre (x) bestemmes hver for sig men samtidigt i samme forsøgsdesign, hvor der er overskud af den anden og de øvrige aminosyrer til at opnå maksimal produktivitet. Derefter sættes toppunktet for aminosyre (x) i forhold til toppunktet for lysin, hvorved begge aminosyrer tilstræbes at være lige begrænsende. Det er f.eks. gennemført med treonin og lysin til slagtegrise i 2004 [17]. I den resterende del af denne meddelelse omtales denne forsøgsmetode som "Metode 3".

Metode 4

Der er dog også undtagelser [22], hvor produktiviteten forringedes efter toppunktet, men man kan med udgangspunkt i førnævnte studier ikke tillade sig at antage, at produktiviteten forringes i samme takt efter toppunktet som før toppunktet, hvilket man vil gøre, hvis man påtvinger et 2. gradspolynomium – der er symmetrisk omkring toppunktet – til at beskrive responsfunktionen. Det kan ofte resultere i for høje estimater for toppunktet, fordi dette skal presses så højt op, at "nedstigningen" efter toppunktet kommer over niveauet for det undersøgte område, hvor der ikke er data til at afvise, at produktiviteten forringes.

Dette er netop svagheden ved den traditionelle 2. ordensmodel, der traditionelt bruges til at analysere responsfladeforsøg:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_{11} x_1^2 + \beta_2 x_2 + \beta_{22} x_2^2 + \beta_{12} x_1 x_2 + e$$

hvor x_1 kunne være lysinniveau og x_2 treoninniveau.

Det viste sig, at denne model i denne afprøvning overestimerede behovet for treonin 19 % og lysin 5 % i forhold til Metode 3, som anses for at være den mest korrekte, fordi begge aminosyrer her er lige begrænsende. Til orientering ses højdekurveplot fra den traditionelle 2. ordensmodel (Metode 4) i Appendiks 5.

Metode 5 (under udvikling)

Et udkast er derfor udviklet til en ny metode, der baserer sig på en udvidelse af den traditionelle metode, der bruges ved dosis-responsforsøg. På denne måde undersøges det for hver kombination mellem niveauerne af lysin (x) og treonin (y), hvor et toppunkt (funktionsskifte) passer bedst til data ved brug af forskellige kombinationer af funktioner. Disse funktionskombinationer er nævnt i faldende rækkefølge, efter hvor godt de beskrev data med hensyn til produktionsværdi, med den bedste først:

1. KL-plateau til lysinniveau og BL-plateau til treoninniveau (Akaikes Information Criteria (AIC) - 941,1).
2. Kurve + en anden kurve til lysinniveau og KL-plateau til treoninniveau (AIC: -938,8). Det vil sige, at kurvens "krumning" er forskellig før og efter toppunktet for lysin, mens treonin-responset er fladt efter toppunktet.

Eksempler på funktionskombination 1 og 2 ses i Appendiks 6. Resultatet ses grafisk i Appendiks 4. Denne metode med udvidelse af den traditionelle dosisresponsundersøgelse med funktionsskift ved toppunktet er ikke færdigudviklet, og derfor hviler konklusionerne på denne afprøvning ikke på denne metode.

Andre metoder under udvikling

Der vil muligvis blive arbejdet på en udvidelse af den traditionelle 2. ordens responsflademodel (Metode 4), der tager højde for, at produktiviteten ikke "skal tvinges ned" efter toppunktet i samme stigningstakt (blot med omvendt fortegn) som før toppunktet. Dette kunne formentlig være i form af den såkaldte "spline"-type. Derfor er det alene de traditionelle dosis-responsresultater i Tabel 2, der kan konkluderes ud fra denne afprøvning (Metode 1, 2 og 3), indtil en ny metode til analyse af responsfladeundersøgelser er færdigudviklet.

Hypoteser

Følgende hypoteser er opsat for afprøvningen.

Hypotese 1

Der vil i dosis-responsundersøgelser være kurvelineær respons på daglig tilvækst, foderoptagelse, foderudnyttelse og dermed produktionsværdi af både lysin- og treoninniveau i foderet. Det antages, at toppunktet for lysinforsyningens påvirkning af produktionsværdien ligger over 11,5 gram fordøjeligt lysin pr. foderenhed, når der er tilstrækkeligt niveau af de øvrige aminosyrer [3]. Det antages, at toppunktet for treoninforsyningens påvirkning af produktionsværdien ligger over 6 gram fordøjeligt treonin pr. foderenhed, når der er tilstrækkeligt niveau af de øvrige aminosyrer [1,15].

Herunder hypotese 1a og 1b

De fundne forhold mellem toppunkter for treonin og lysin i nærværende dosis-responsundersøgelse vil afhænge af det treoninniveau, som lysin undersøges under, fordi udnyttelsen af treonin falder med

stigende treoninindhold i foderet [9]. Her forventes (hypotese 1a) et højere estimat for Lysin:Treonin-forholdet, når lysinbehovet undersøges ved et lavt treoninniveau, fordi udnyttelsen af treonin i dét tilfælde forventes at være høj, sammenlignet med en undersøgelse ved et højere treoninniveau. Omvendt forventes der på samme måde (hypotese 1b) et højere estimat for Treonin:Lysin-forholdet, når treoninbehovet undersøges ved et lavt lysinniveau, fordi udnyttelsen af lysin i dét tilfælde forventes at være høj [6, 8] i forhold til en undersøgelse ved et højere lysinniveau.

Hypotese 2:

Høje niveauer af treonin som eksempelvis 70 % af lysin kan have en effekt på reduceret diarréforekomst, som begrundes af treonins gavnlige indflydelse i mavetarmkanalen; tarmslimhinden udskiller stoffer kaldet muciner, der beskytter slimhinden mod bl.a. infektioner. Muciner har et højt indhold af treonin, og en del af smågrisenes behov for treonin går til omsætning i tarmen. Ved infektioner øges udskillelsen af muciner, hvilket medfører et højere forbrug af treonin.

Andelen af stier, som flokbehandles for diarré, antal diarrébehandlinger pr. gris og dødelighed analyseres ved logistisk regression med behandlingsgruppe som forklarende variable og indsættelsesvægt som kovariat. Hold og sektion indgår som tilfældig effekt.

Styrkeberegninger

Styrkeberegningerne er foretaget ved planlægningen af nærværende afprøvning ved simuleringer af udfald ud fra ved forventede middelværdier og residualspreddinger på daglig tilvækst og foderudnyttelse og deraf beregnet produktionsværdi. Der er simuleret et sæt af forskellige forsøgsstørrelser med antal hold varierende fra 10-100. Simuleringen er gentaget 300 gange, og der er regnet gennemsnit og spredning på toppunktsbestemmelserne for hver forsøgsstørrelse. Denne spredning udtrykker, hvor sikkert det "gennemsnitlige toppunkt" kan beregnes pr. forsøgsstørrelse. Ved en forsøgsstørrelse på 20 dobbeltstier pr. gruppe er de omtrentlige konfidensintervaller på toppunktbestemmelsen henholdsvis +/- 0,4 gram fordøjeligt lysin og +/- 0,2 gram fordøjeligt treonin pr. FEsv. Det betyder, at lysinbehovet til maksimal produktionsværdi kan bestemmes med en sikkerhed på +/- 0,4 gram for hvert af de fem treoninniveauer, det undersøges ved.

Resultater og diskussion

Analyser af forsøgsfoder

Resultatet af foderanalyserne på grundblandingerne ses i Appendiks 2, hvori protein, fedt, EFOS, EFOSi, FEsv og fosfor er nogenlunde på de forventede niveauer. Der var i varierende grad underindhold af aminosyrer i forhold til det forventede niveau som følger.

Aminosyre	Lysin	Methionin	Treonin	Tyrosin	Øvrige essentielle
Underindhold	0-4 %	8-12 %	5-6 %	10-12 %	2-7 % størst for valin ¹

¹ Valin var tilsat og næppe den mest begrænsende aminosyre. De mest begrænsende aminosyrer var sandsynligvis leucin og histidin, der var begrænset af proteinniveauet.

Det underindhold, der tilsyneladende ses for tyrosin, skyldes, at brugte tabelværdier hviler på en indirekte analysemetode, hvor laboratorierne har beregnet tyrosin ud fra nogle standardformler, der skulle passe til mange forskellige råvarer. Foderblandingerne i nærværende afprøvning er målt med en direkte tyrosinbestemmelse og er derfor ikke direkte sammenlignelige med tabelværdierne. Ligesom i andre undersøgelser er der i nærværende afprøvning fundet et væsentligt underindhold af methionin i forhold til forventet, på trods af at både korn og sojaskrå har været analyseret for aminosyreindhold. Der var i gennemsnit ca. 5 % mere methionin i sojaskrå end forventet ud fra tabelværdierne. Analyserne af korn blev anvendt til de foderoptimeringer, der ligger bag grundblandingerne. Analyserne af sojaskrå blev foretaget løbende under afprøvningen for at

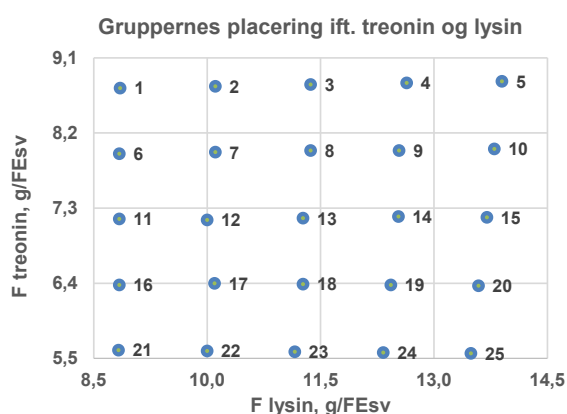
overvåge, om der var behov for re-optimeringer, og dermed var de ca. 5 % mere methionin i sojaskrå end forventet ikke medregnet i foderoptimeringerne.

Analyserne af de frie aminosyrer i grundblandingerne viser nogenlunde sammenhæng med analyserne af det totale aminosyreindhold. Vurderet ud fra disse analyser manglede der i gennemsnit 9 % valin, 7 % methionin og 6 % treonin i mineralfoderblandingerne. Der var 1 % ekstra tryptofan og 4 % ekstra lysin i gennemsnit over forventede niveauer.

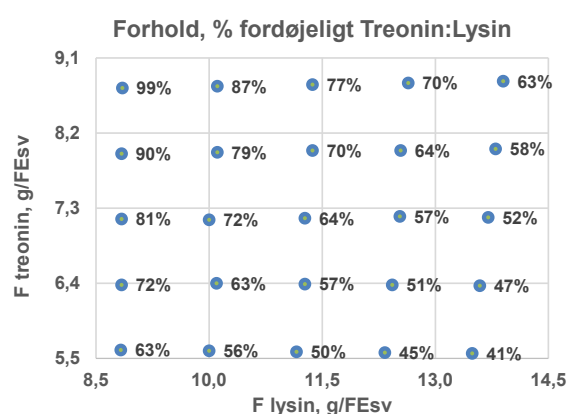
Tidligere afprøvninger viser, at det ikke altid lykkes at opnå de planlagte høje aminosyreniveauer i foderblandingerne med høje niveauer. Samtidig ses lidt højere aminosyreniveauer i foderblandingerne med planlagt lave niveauer. Tendensen er bedømt ud fra analyser af frit lysin og frit treonin og ser også ud til at gøre sig gældende i denne afprøvning.

I Appendiks 2 ses beregnede fordøjelige værdier pr. FEsv for grundblandingerne, og i Appendiks 3 ses det vægtede gennemsnit af resultaterne fra grundblandings- og foderautomatprøverne. Disse niveauer indgår i opgørelsen af produktionsresultaterne.

Figur 2a viser gruppernes placering med hensyn til analyseret niveau af treonin og lysin-tildeling i afprøvningen. Figur 2b viser forholdet fordøjeligt treonin:lysin i procent for forsøgsgrupperne.



Figur 2a. Oversigt over analyserede lysin- og treoninniveauer angivet med de 25 gruppenumre.



Figur 2b. Forhold mellem fordøjeligt treonin og lysin i procent for de 25 forsøgsgrupper.

Produktionsresultater, gruppegennemsnit

På grund af det høje antal af grupper i afprøvningen er produktionsresultaterne vist i nedenstående figurer, der muligvis giver et bedre overblik over centrale resultater, end hvad en traditionel tabel vil gøre.

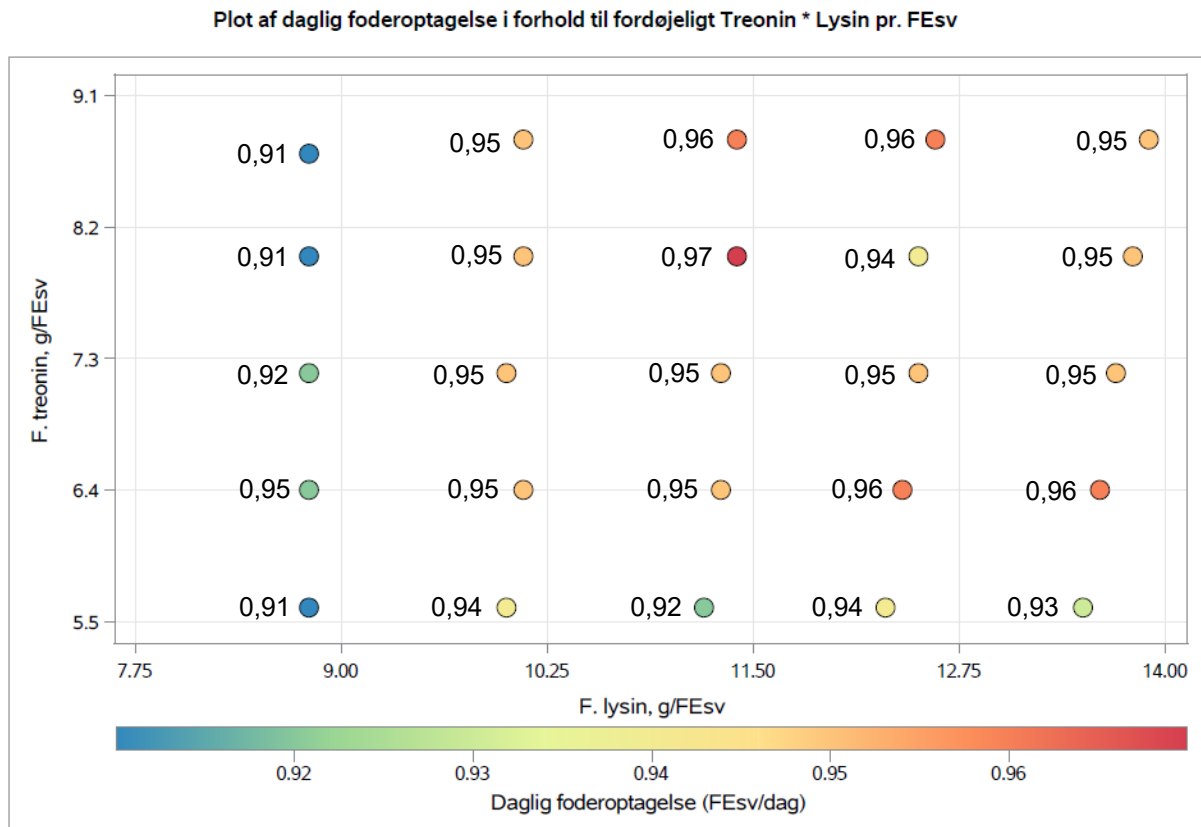
I gennemsnit for de 25 grupper var indsættelsesvægten 7,4 kg og varierede fra 7,1-7,6 kg. Afgangsvægten var i gennemsnit 26,5 kg og varierede fra 24,4-28,5 kg pr. dobbeltsti.

Produktionsresultaterne for foderoptagelse, daglig tilvækst, foderudnyttelse og produktionsværdi er korrigeret for de forskelle i indsættelsesvægt, der var mellem grupperne, ved at benytte LSmeans-værdier. Produktionsværdien er en sammenvæjning af værdien af daglig tilvækst og foderudnyttelse på basis af femårs gennemsnitspriser og med samme foderpris i alle grupper.

Disse gruppegennemsnit (LSmeans) er præsenteret i Figur 3-6, hvor resultaterne er markeret med farve efter størrelsesorden med forklaringer i bunden af hver figur. Konklusionerne hviler dog ikke på LSmeans-værdier, men derimod på de funktioner, der estimeres af dosis-responsforsøget (Figur 9-

11). Der gøres opmærksom på, at alle estimaterne er behæftet med en vis usikkerhed, men størst usikkerhed på de enkelte gruppegennemsnit, der kun "hviler" på resultaterne fra de 22-27 dobbeltstier á ca. 55 grise, der ses i Tabel 1.

Tabel 2 viser resultaterne fra de trinvis dose-responsforsøg.



Figur 3. Daglig foderoptagelse målt i FEsv pr. dag (LSmeans-værdier) angivet med farveskala og værdier for de 25 forsøgsgrupper.

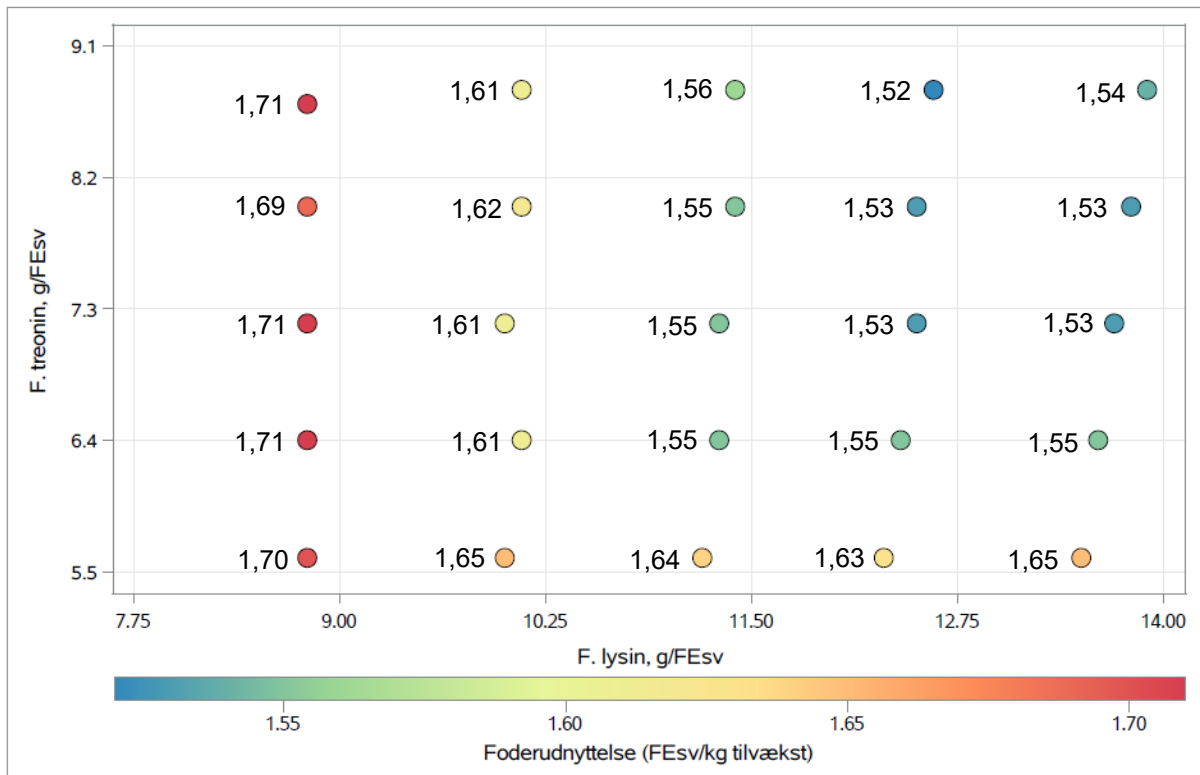
Daglig foderoptagelse og daglig tilvækst præsenteret som gruppegennemsnit for 25 grupper. Resultaterne er præsenteret både med en farveindikation og et tal i Figur 3 og 4.

Plot af daglig tilvækst i forhold til fordøjeligt Treonin * Lysin pr. FEsv



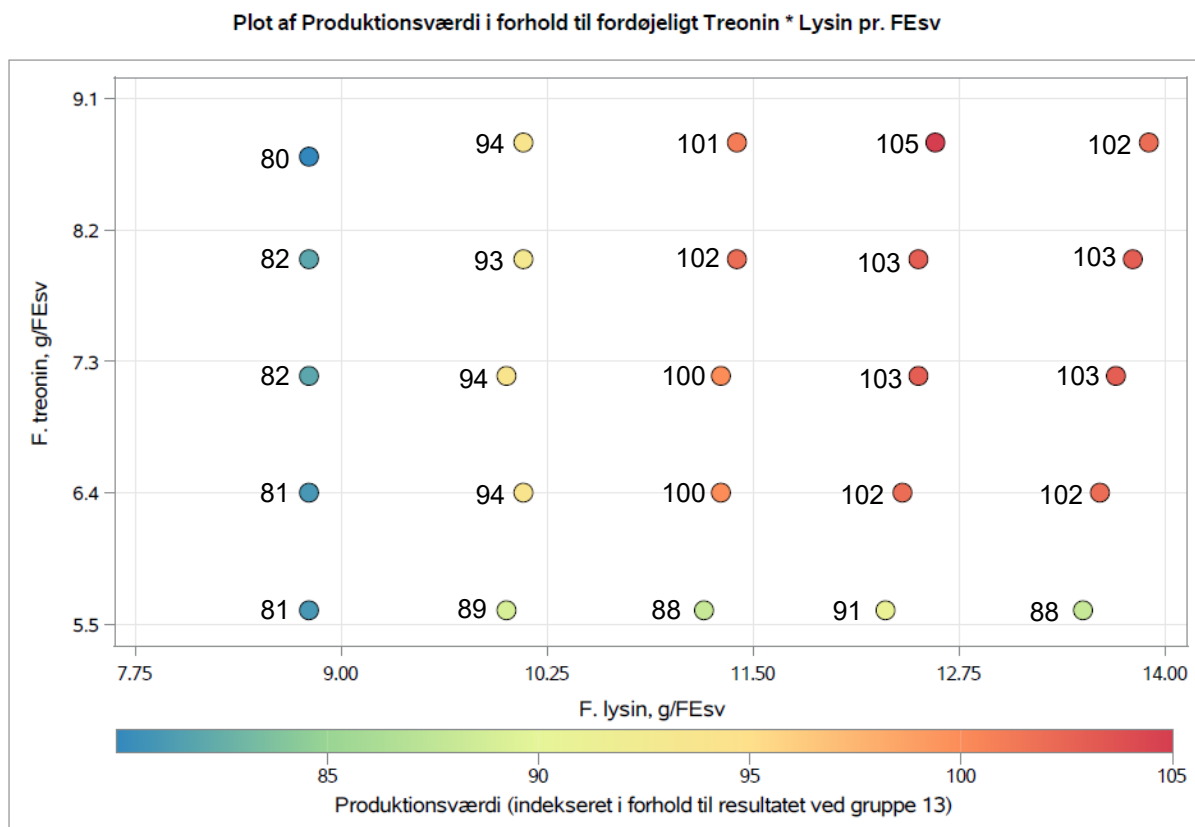
Figur 4. Daglig tilvækst målt i gram (LSmeans-værdier) angivet med farveskala og værdier for de 25 forsøgsgrupper.

Plot af foderudnyttelse i forhold til fordøjeligt Treonin * Lysin pr. FEsv



Figur 5. Foderudnyttelse målt i FEsv pr. kg tilvækst (LSmeans-værdier) angivet med farveskala og tal for de 25 forsøgsgrupper.

Foderudnyttelse og produktionsværdi (en sammenvæjning af daglig tilvækst og foderudnyttelse) er præsenteret som gruppegennemsnit for 25 grupper både med en farveindikation og tal i Figur 5 og 6.



Figur 6. Produktionsværdi for de 25 forsøgsgrupper (LSmeans-værdier) er angivet med farveskala og i % af PV for gruppe 13.

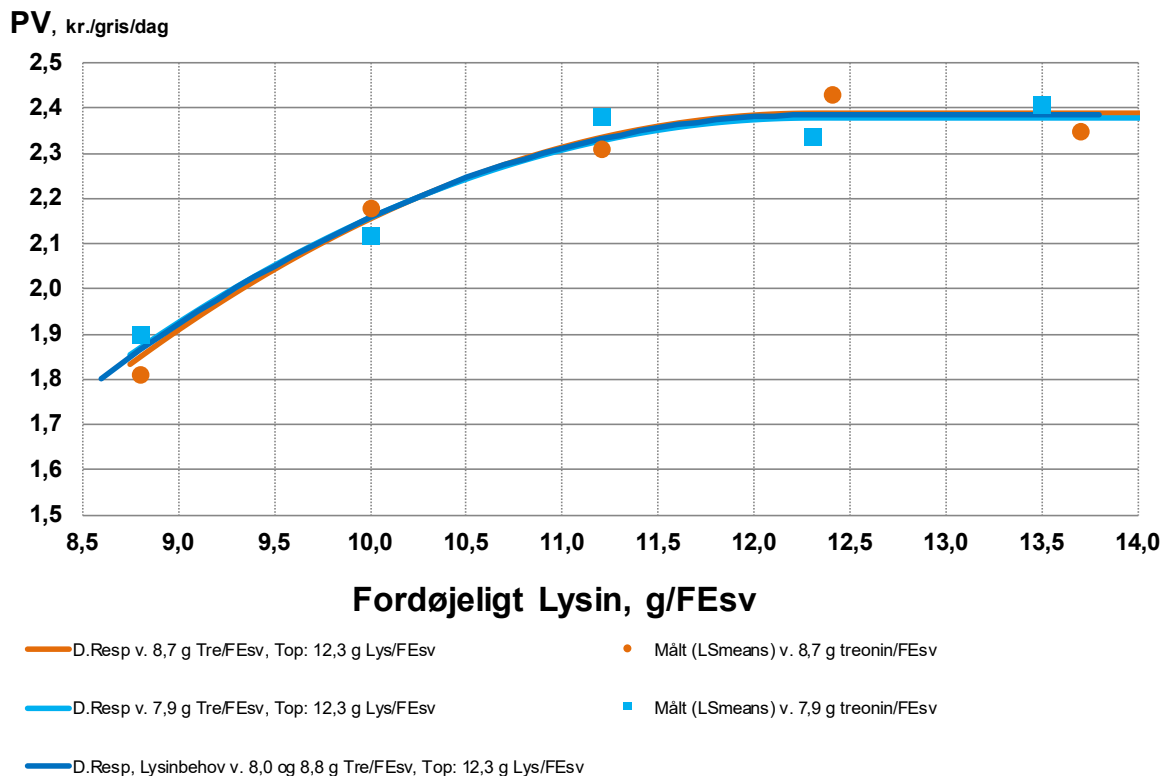
Produktionsresultater, analyseret med dosis-responsmetoden

Det opnåede niveau af fordøjeligt protein på ca. 154 gram fordøjeligt protein pr. FEsv svarede til det maksimalt acceptable niveau i de fleste besætninger. Dette proteinniveau har været begrænsende for yderligere effekt af lysin udover det næsthøjeste niveau på ca. 12,35 gram fordøjeligt lysin pr. FEsv, når man bedømmer i forhold til en ny afprøvning [23] i en besætning med tilsvarende god foderudnyttelse, hvor maksimal produktivitet blev fundet ved ca. 176 gram fordøjeligt protein pr. FEsv. Som det ses nederst i Appendiks 3 ved gruppe 4, 9 og 14, hvor lysinniveauet var 12,4-12,5 gram, har leucin og histidin i forhold til lysin været på 85-86 % af den såkaldte idealproteinprofil. Dette svarer nogenlunde til det niveau, hvor produktiviteten blev maksimeret i førnævnte og en anden afprøvning [15].

Dermed kan nærværende afprøvning ikke udtale sig om lysinbehov til maksimal produktivitet ved højere proteinniveauer.

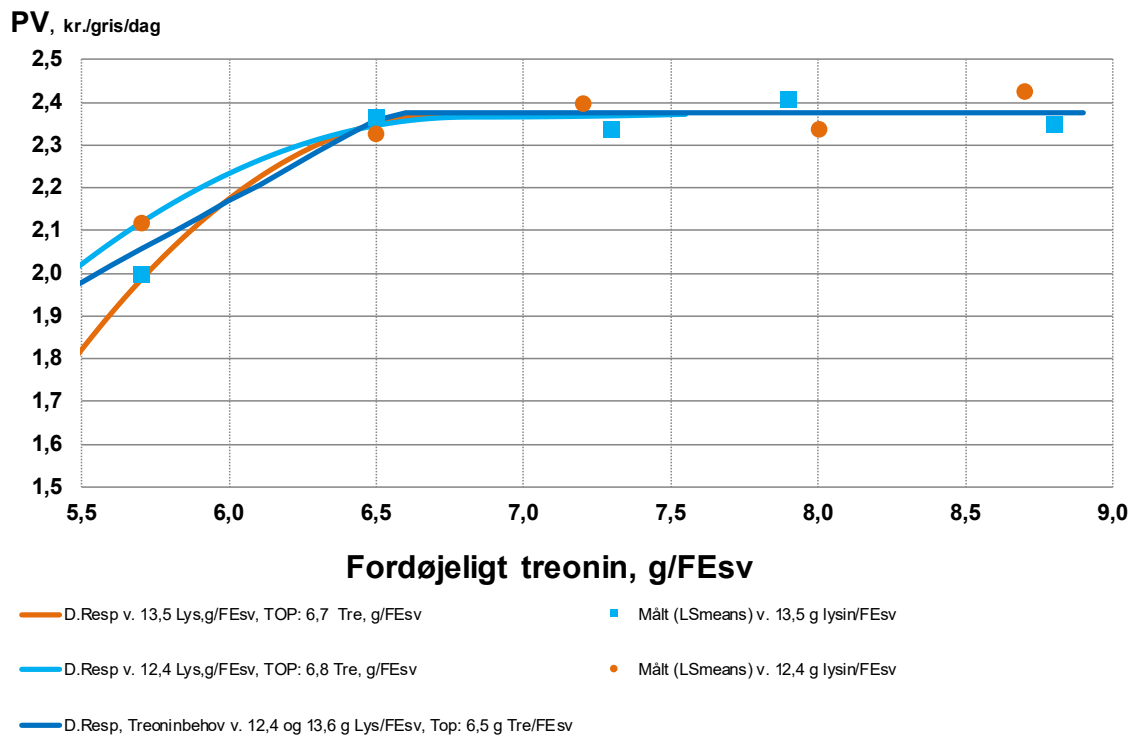
Metode 3

I Figur 7 ses bestemmelsen af lysin til maksimal produktionsværdi ved de to øverste treoninniveauer. Der er grafer for hvert af de to niveauer (orange og lyseblå) og for det samlede niveau (mørkeblå graf), hvor der er nok treonin i forhold til det anvendte proteinniveau. Som det kan ses, er alle tre dosis-responsanalyser stort set enige om kurveforløbet, og at lysinbehovet til maksimal produktionsværdi er 12,3 gram fordøjeligt lysin pr. FEsv. Dette er bestemt med den kurvelineære metode, som passede bedst til data.



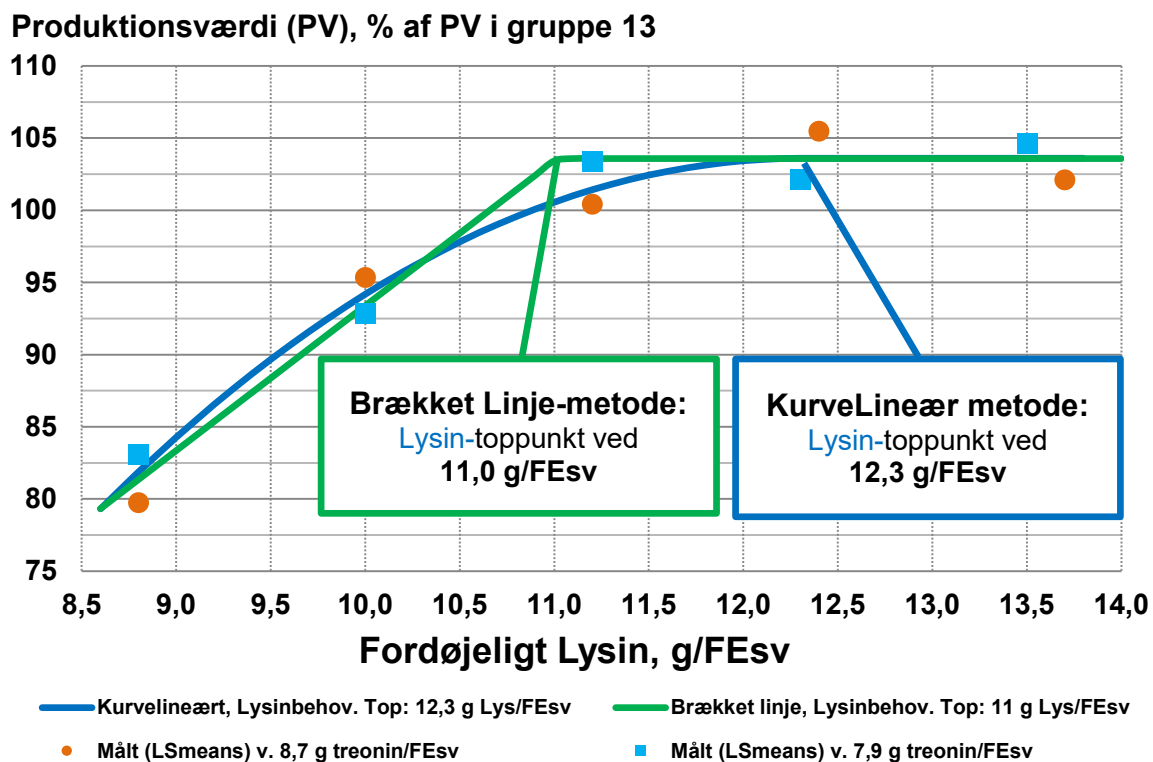
Figur 7. Responsfunktioner af stigende lysindosis, effekt på produktionsværdi plottet sammen med LSmeans-estimer.

I Figur 8 ses bestemmelsen af treonin til maksimal produktionsværdi ved de to øverste lysinniveauer, samlet og hver for sig, hvor der er nok lysin i forhold til det anvendte proteinniveau. Som det ses, har de tre dosis-responsanalyser næsten et ens kurveforløb. Hver for sig havde analyserne med den kurvelinerære funktion af lysinniveauerne marginalt bedre tilpasning til data end den brækkede linje (0,03 % AIC). Den brækkede linje havde 1 % bedre tilpasning til data end den kurvelinerære for den samlede analyse af de to niveauer. Dette betyder, at der er stort set ligeværdige toppunkter fra 6,5-6,9 gram fordøjeligt treonin pr. FEsv.



Figur 8. Responsfunktioner af stigende treonindosis, effekt på produktionsværdi plottet sammen med LSmeans-estimer.

I Figur 9 ses bestemmelsen af lysin til maksimal produktionsværdi ved de to øverste treoninniveauer, nu med en kurvelineær (blå graf) eller brækket linjes metode (grøn graf).

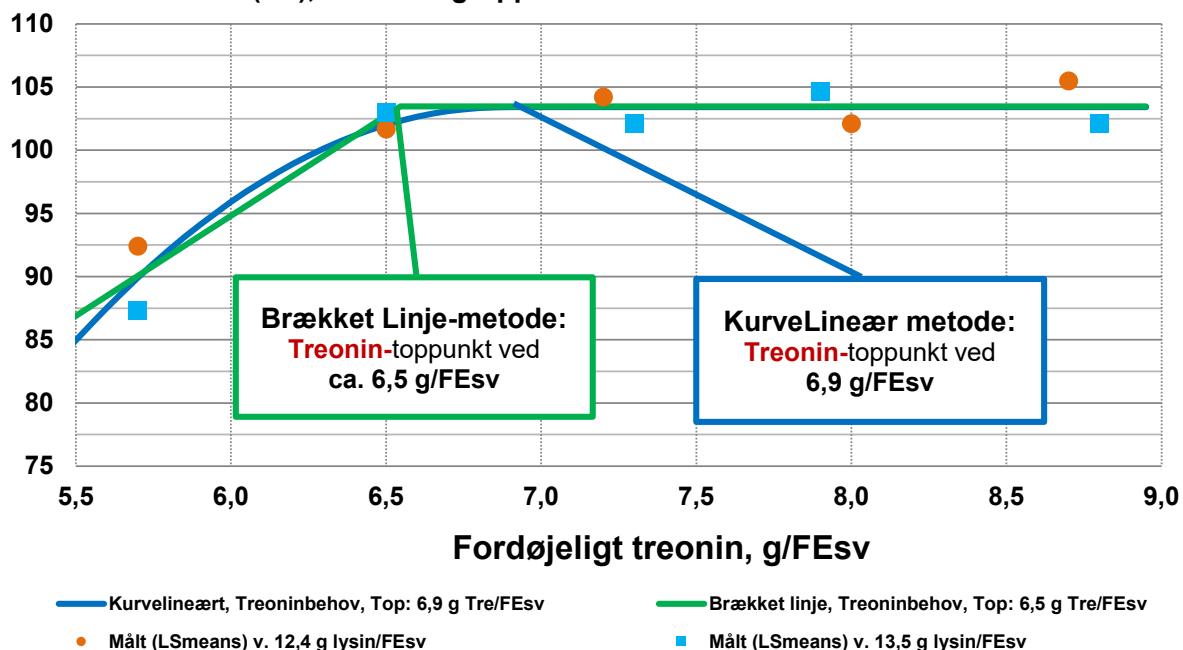


Figur 9. Kurvelineære- og brækket linje- responsfunktioner af stigende lysindosis, sammenligning af toppunktsestimater.

Som det fremgår af Figur 9, er det kurvelineære toppunktsestimat (12,3 gram) for lysin ca. 12 % større end estimatet med den brækkede linjes metode (11,0 gram).

I Figur 10 ses bestemmelsen af treonin til maksimal produktionsværdi ved de to øverste lysinniveauer, nu med en kurvelineær (blå graf) eller brækket linjes metode (grøn graf).

Produktionsværdi (PV), % af PV i gruppe 13



Figur 10. Kurvelineære- og brækket linje- responsfunktioner af stigende treonindosis, sammenligning af toppunktsestimater.

Som det ses i Figur 10, er det kurvelineære toppunktsestimat (6,9 gram) for treonin ca. 5 % større end estimatet med den brækkede linjes metode (ca. 6,5 gram (afrundet fra 6,547)).

Treoninbehovet til maksimal produktionsværdi var 6,9 eller 6,5 gram fordøjeligt pr. FEsv, bestemt med henholdsvis den kurvelineære eller den brækkede linjes metode (Figur 10). Den sidstnævnte passede bedst til data for treoninbehovet. Den maksimale produktionsværdi blev fundet ved de to højeste niveauer af lysin (se Tabel 2 nederst), hvor der var nok lysin til at opnå maksimal produktionsværdi ved det anvendte proteinniveau (ca. 154 gram fordøjeligt protein pr. FEsv).

Ligeså var lysinbehovet til maksimal produktionsværdi 12,3 eller 11,0 gram fordøjeligt lysin pr. FEsv, bestemt med henholdsvis den kurvelineære eller den brækkede linjes metode (Figur 9). Her passede den kurvelineære metode bedst til data. Den maksimale produktionsværdi blev fundet ved de to højeste niveauer af treonin (se Tabel 2 nederst), hvor der ligeledes var tilstrækkeligt treonin til at opnå maksimal produktionsværdi ved det anvendte proteinniveau.

Bestemmelsen af behovet til maksimal produktivitet (=maksimal produktionsværdi) i denne afprøvning er sket med hensyn til lysin, hvor der er rigeligt treonin. Med hensyn til treoninbehovet er det bestemt, hvor der er rigeligt lysin. Treonin:lysinforholdet til maksimal produktivitet fås ved at sætte de to aminosyrers toppunkter i forhold til hinanden, og her afhænger det af den valgte metode:

Brækket linjes (BL) metode: $6,5 * 100 \% / 11,0 = 59 \% \text{ Treonin:Lysin}$

Kurvelineære (KL) metode: $6,9 * 100 \% / 12,3 = 56 \% \text{ Treonin:Lysin}$

Bedste fit BL (treonin) og KL (lysin): $6,5 * 100 \% / 12,3 = 53 \% \text{ Treonin:Lysin}$

Med disse tal fås svaret på de første af de spørgsmål, der ønskedes undersøgt, nemlig lysin- og treoninbehov bestemt samtidigt i en dobbelt dosisrespons-undersøgelse (Metode 3) efter samme princip som tidligere afprøvet ved slagtesvin [17], hvor treoninbehovet til maksimal produktivitet blev bestemt ved højt niveau af de øvrige aminosyrer, samtidigt med at lysinbehovet til maksimal

produktivitet blev bestemt ved højt niveau af de øvrige aminosyrer. Treonin:Lysin-forholdet fastlægges derefter ved division mellem de to toppunkter men varierer alligevel fra 53-59 %, afhængigt af hvilke statistiske modeller der bruges på samme datasæt.

Metode 1 og 2

I Tabel 2 ses en samling af resultaterne fra de i alt gennemførte 18 dosis-responsundersøgelser, idet der både for lysin og treonin er gennemført en undersøgelse for hvert af de fem niveauer samt for hver af de fire "samlinger af naboniveauer", herunder en samlet dosis-responsundersøgelse for niveau 1 + 2, for niveau 2 + 3, for niveau 3 + 4 og for niveau 4 + 5. Tabel 2 viser kun resultater fra den kurvelineære metode.

Ved den traditionelle metode (Metode 1), hvor bedste niveau af treonin findes, og hvor lysin begrænses, findes der højere estimater for "bedste treonin:lysinniveau", jo mere lysin begrænses:

1. Ved lysinniveauet på 10,1 gram, som er 82 % af det lysinniveau, der gav maksimal produktivitet (12,3 gram), blev "bedste treonin:lysinniveau" fundet til 63 % treonin:lysin. Dette estimat er 13 % højere end resultatet fra Metode 3 (56 % treonin:lysin), hvor treoninbehovet er bestemt, hvor der er rigeligt lysin, og lysinbehovet er bestemt, hvor der er rigeligt treonin.
2. Ved lysinniveauet på 11,8 gram, som er 96 % af det lysinniveau, der gav maksimal produktivitet (12,3 gram), blev "bedste treonin:lysinniveau" fundet til 58 % treonin:lysin. Dette estimat er kun 4 % højere end resultatet fra Metode 3 (56 % treonin:lysin).

Ved den omvendte metode (Metode 2), hvor bedste niveau af lysin findes, når treonin begrænses, findes der højere estimater for lysin:treoninniveau, og dermed lavere treonin:lysinniveau, jo mere treonin begrænses:

1. Ved treoninniveauet på 5,7 gram, som er 83 % af det treoninniveau, der gav maksimal produktivitet (6,9 gram), blev "bedste treonin:lysinniveau" fundet til 50 % treonin:lysin.
2. Ved treoninniveauet på 6,9 gram, som er 100 % af det treoninniveau, der gav maksimal produktivitet (6,9 gram), blev "bedste treonin:lysinniveau" fundet til 56 % treonin:lysin.

Tabel 2. Resultat fra dosis-responsundersøgelserne med hensyn til maksimal produktionsværdi

Traditionel metode: Lysin er begrænsende "Metode 1"					Omvendt metode: Treonin er begrænsende "Metode 2"					
1 Ved lysin- niveau, g/FEsv	% af lysin- niveau v. maks. PV (12,3 g)	Bedste produktionsværdi (PV) fundet ved:		Tre:Lys- estimat i % af "metode 3" (56 % Tre:Lys)	2 Ved treonin- niveau, g/FEsv	% af treonin- niveau v. maks. PV (6,9 g)	Bedste produktionsværdi (PV) fundet ved:			Tre:Lys- estimat i % af "metode 3" (56 % Tre:Lys)
		Treonin, g/FEsv	Tre:Lys, %				Lysin, g/FEsv	Lys: Tre, %	Tre:Lys, % ³	
8,8	72 %	N.S. ⁴			5,7	83 %	10,9	191	52	93 %
9,4	76 %	N.S. ⁴			6,1	88 %	12,1	198	50	90 %
10,1	82 %	6,4	63	113 %	6,5	94 %	12,2	188	53	95 %
10,6	86 %	6,7	63	113 %	6,9	100 %	12,3	178	56	100 %
11,2	91 %	6,9	62	110 %	7,2	104 %	12,3	6		
11,8	96 %	6,9	58	104 %	7,6	110 %	12,4			
12,4	101 %	6,9	5		7,9	114 %	12,3			
13,5	110 %	6,7			8,7	126 %	12,3			
12,9 ⁷	105 %	6,9			8,3 ⁷	120 %	12,3			

¹ Gennemsnitligt lysinindhold, gram fordøjeligt pr. FEsv, ved den aktuelle dosis-responsanalyse af treonin-toppunkt.

² Gennemsnitligt treoninindhold, gram fordøjeligt pr. FEsv, ved den aktuelle dosis-responsanalyse af lysin-toppunkt.

³ Beregnet som "den omvendte brøk" af Lysin:Treonin-forholdet ved det fundne toppunkt.

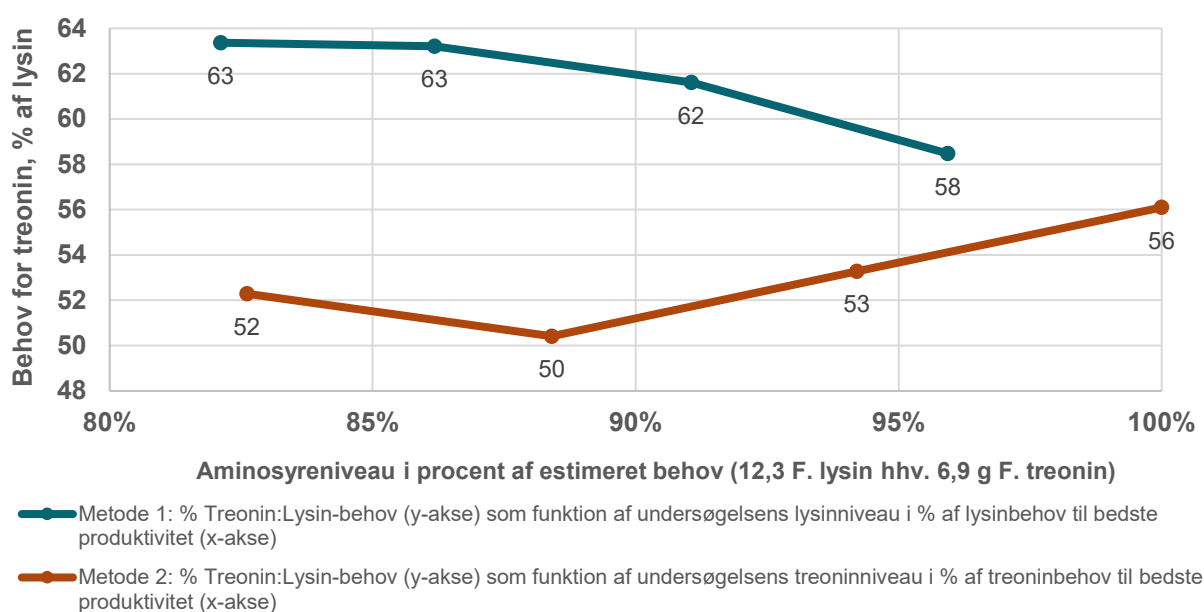
⁴ Der var ikke statistisk sikker effekt af treonin-dossering ved lysinniveau 1 eller 1 og 2.

⁵ Det giver ikke mening at beregne Tre:Lys-forholdet indenfor undersøgelsen af treoninbehov, når lysin med ret stor sikkerhed ikke er begrænsende.

⁶ Det giver ikke mening at beregne Lys:Tre-forholdet indenfor undersøgelsen af lysinbehov, når treonin med ret stor sikkerhed ikke er begrænsende.

⁷ "Metode 3": Treonin og lysin bestemmes ved "de to øverste niveauer af den anden" og sættes derefter i forhold til hinanden; 6,9 g treonin: 12,3 g lysin = 56 % treonin:lysin.

De ovennævnte sammenhænge mellem begrænsningsgraden af "sammenligningsaminosyren" og størrelsen på behovsestimatet for den undersøgte aminosyre er illustreret i Figur 11. Det kan være endnu en del af forklaringen til variationen i estimater mellem forskellige forsøg.



Figur 11. Treonin:Lysin-estimaternes afhængighed af metode og af "sammenlignings-aminosyrens" forsyningsgrad i et forsøg.

Det stemmer overens med opdagelserne ved en afprøvning af valin:lysinbehov til smågrise [6], hvor det blev konstateret, at behovsestimatet for en aminosyre i % af lysin kunne afhænge af, hvor meget lysinniveauet var begrænset i forhold til de pågældende grises behov til bedste produktivitet.

I et traditionelt aminosyreforsøg (Metode 1) er lysin = sammenligningsaminosyren, der sættes begrænsende, og effekten af typisk 5-6 niveauer af den undersøgte aminosyre undersøges. I et omvendt aminosyreforsøg (Metode 2) er den undersøgte aminosyre = sammenligningsaminosyren, der sættes begrænsende, og effekten af typisk 5-6 lysinniveauer undersøges.

Der kan argumenteres for, at Metode 1 og Metode 2 er lige gode eller måske lige ringe, fordi de begge giver tiltagende skæve resultater, hvor behovet for den undersøgte aminosyre estimeres højere, jo mere sammenligningsaminosyren er begrænsende i forhold til det niveau, der vil give de pågældende grise maksimal produktivitet.

Det er hensigtsmæssigt, at aminosyrerne er nogenlunde lige økonomisk begrænsende af hensyn til foderpris og risiko for unøjagtig dosering ved foderfremstilling. Det giver ikke økonomisk mening, at den billigste aminosyre er den mest begrænsende, fordi en tilfældig foderblandingsfejl, hvor der doseres for lidt af denne aminosyre, potentielt vil have relativ stor negativ konsekvens for produktiviteten. Som gennemsnit af de seneste fem års aminosyrepriser, vil 5 % ekstra af hver af disse aminosyrer ved optimering af standard smågrisefoder fra 15-30 kg koste følgende: methionin (0,24), methionin+cystin (0,40), treonin (0,42), lysin (0,65), tryptofan (0,75) og valin (1,38) kr. pr. 100 FEsv. Derfor bør methionin, summen af methionin+cystin og treonin ikke være mere begrænsende for produktiviteten end lysin.

Hvis man vil sikre, at aminosyrerne er nogenlunde lige biologisk begrænsende, bør Metode 3 anvendes til behovsestimering. Hvis man skal finde et "lige økonomisk begrænsende niveau" for en dyr aminosyre eller aminosyrer, man ikke kan tilsætte i fri form, som kun kan forøges i niveau ved at hæve proteinniveauet (hvilket ikke er hensigtsmæssigt i alle tilfælde, eksempelvis ved risiko for fodringsbetinget diarré og i situationer med proteinloft), kan det være fornuftigt at anvende Metode 2. Det er i princippet Metode 2, der er anvendt ved fire afprøvninger ved små- og slagtegrise, hvor effekten af ekstradosering af tre, fire eller fem krystallinske (frie) aminosyrer er undersøgt ved to, fire eller syv proteinniveauer [15, 16, 23, 24]. Dermed har leucin været "sammenligningsaminosyren" som repræsentant for proteinniveauet. Ved denne tilgang skal der være opmærksomhed på, at der er risiko for overestimering af de undersøgte aminosyrer i forhold til protein.

Afhængigt af forsøgsbetingelserne, kan der i denne afprøvning findes treonin:lysin-forhold mellem 50 % og 63 %, hvilket må betragtes som yderområder af et ret stort interval (Tabel 2 og Figur 11). Ved 53 % treonin:lysin bliver treonin udnyttet meget, og produktiviteten er følsom for treonin-underforsyning. Ved 63 % treonin:lysin bliver i stedet lysin udnyttet meget, og produktiviteten er følsom for lysin-underforsyning.

I Tabel 3 ses toppunkterne fra dosis-responsundersøgelserne af lysin og treonin gennemført ved de højeste niveauer af den anden aminosyre. Ved at tage gennemsnittet af bestemmelserne ved henholdsvis den kurvelineære og den brækkede linjes metode fås muligvis niveauer af treonin:lysinforhold, hvor de begge er stort set lige begrænsende for produktiviteten. Dækningsbidraget, der er beregnet ud fra foderoptimeringer med gennemsnitspriser fra de sidste fem år, er et bud på økonomisk optimale niveauer. Tabel 3 tyder således på, at det optimale forhold har været 57-60 % eller 58 % for dækningsbidraget. Når man fastlægger normen, kan der desuden tages hensyn til, at det er ca. 1,5 gange dyrere at hæve lysinnormen f.eks. 5 % end at hæve treoninnormen

5 %. Eller sagt på en anden måde, så er det lidt billigere at have lidt sikkerhedsmargin på treonin i forhold til den biologisk optimale balance.

Det er især kritisk at estimere behovet for meget dyre eller ikke-tilsætbare aminosyrer for højt, fordi et overestimeret behov på dette punkt vil øge proteinniveauet unødigt og forringe proteinudnyttelsen. Eksempler på meget dyre aminosyrer, der er tilladt at tilsætte foderet i krystallinsk form, er isoleucin, leucin og histidin. I stedet for at tilsætte disse vil proteinindholdet blive hævet i foderet, altså samme løsning som ved ikke-tilsætbare aminosyrer. Den såkaldte Idealproteinprofil trænger derfor til et eftersyn med hensyn til disse aminosyrer samt tryptofan (fundet ved slagtegrise) [16], valin (fundet ved smågrise) [15] og summen af fenyalanin og tyrosin (fundet ved slagtegrise og smågrise) [16, 23].

Tabel 3. Lysin- og treoninindhold, hvor de bedste resultater for foderoptagelse, daglig tilvækst, foderudnyttelse, produktionsværdi og dækningsbidrag blev opnået (toppunkter)

Egenskab	Lysin, toppunktniveauer		Treonin, toppunktniveauer		Beregnete forhold af Treonin:Lysin, % ³		
	KL ¹	BL ¹	KL ¹	BL ¹	KL	BL	Gns.
	Lysin, FEsv	Lysin, FEsv	Treonin, g/FEsv	Treonin, g/FEsv			
Foderoptagelse	11,0	9,9	6,5	6,5	59	66	62
Daglig tilvækst	11,9	10,8	6,7	6,5	56	60	58
Foderudnyttelse	12,9	11,6	7,0	6,6	54	57	56
Produktionsværdi	12,3	11,0	6,9	6,5	56	59	58
Dækningsbidrag ²	11,9	11,2	6,9	6,5	58	58	58

¹ Forkortelser: KL = Kurvelineær metode, BL = Brækket linje metode.

Undersøgelse af lysinbehov er foretaget ved de to øverste treoninniveauer (gns. 8,3 gram F. pr. FEsv).

Undersøgelse af treoninbehov er foretaget ved de to øverste lysinniveauer (gns. 12,9 gram F. pr. FEsv).

Antal observationer (dobbelstier): Lysinbestemmelser: 234; Treoninbestemmelser: 239.

² Ved dækningsbidrag (beregnet som produktionsværdi, blot med aktuelle femårige gennemsnits foderpriser for hver gruppe) gav funktionskombinationer med en skrålinje nedad efter toppunktet den bedste tilpasning til data. Det skyldes, at når produktiviteten ikke forbedres efter toppunktet, og foderprisen samtidigt stiger lineært, vil dækningsbidraget samtidigt falde lineært.

Treonin:Lysin-forholdene er beregnet ved division af de fundne treonin-toppunkter (i gram pr. FEsv) med de fundne lysin-toppunkter (i gram pr. FEsv) for hver linje i tabellen.

³ Rød skriftfarve: toppunkter bestemt ved KL-metode.

Blå skriftfarve: toppunkter bestemt ved BL-metode.

Lilla skriftfarve: gennemsnit af KL- og BL-metoderne.

Diarréforekomst og behandlingsfrekvens mod diarré

Der var ikke et niveau af treonin og lysin, som adskilte sig fra de øvrige niveauer med hensyn til behandlingsfrekvens mod diarré. Overordnet for de 25 grupper modtog mellem 42-56 % af stierne flokbehandling mod diarré, og det gennemsnitlige niveau for behandlingsdage i grupperne var 0,06-0,09 behandlingsdage mod diarré pr. gris.

Som et led i et ph.d.-studie blev der i ca. den sidste fjerdedel af afprøvningen vurderet omfang af diarréklatter. Der kunne ikke påvises nogen statistisk sikker forskel i diarréforekomst mellem de fem treoninniveauer [26].

Konklusion

Det opnåede niveau af fordøjeligt protein på ca. 154 gram fordøjeligt protein pr. FESv svarede til det maksimalt acceptable niveau i de fleste besætninger. Dette proteinniveau, som betød et indhold på kun 10,7 gram fordøjeligt leucin og 3,4 gram fordøjeligt histidin pr. FESv, har været begrænsende for yderligere effekt af lysin udover det næsthøjeste niveau på ca. 12,35 gram fordøjeligt lysin pr. FESv, bedømt i forhold til en anden afprøvning [23]. Dermed kan nærværende afprøvning ikke konkludere på lysinbehov til maksimal produktivitet ved højere proteinniveauer.

Ved det opnåede niveau af fordøjeligt protein i denne afprøvning blev der fundet følgende behov til maksimal produktionsværdi:

- Treonin: 6,9 eller 6,5 gram fordøjeligt pr. FESv, bestemt med henholdsvis KL- og BL-metode.
- Lysin: 12,3 eller 11,0 gram fordøjeligt pr. FESv, bestemt med henholdsvis KL- og BL-metode.

Bestemmelsen af behovet til maksimal produktivitet (=maksimal produktionsværdi) i denne afprøvning er sket med hensyn til lysin, hvor der er rigeligt treonin – og med hensyn til treoninbehovet er det bestemt, hvor der er rigeligt lysin (Metode 3). Treonin:lysinforholdet til maksimal produktivitet fås ved at sætte de to aminosyrers toppunkter i forhold til hinanden, og her afhænger det af den valgte metode:

Brækket linjes (BL) metode:	$6,5 * 100 \% / 11,0 = 59 \% \text{ Treonin:Lysin}$
Kurvelineære (KL) metode:	$6,9 * 100 \% / 12,3 = 56 \% \text{ Treonin:Lysin}$
Bedste fit BL (treonin) og KL (lysin):	$6,5 * 100 \% / 12,3 = \mathbf{53 \% \text{ Treonin:Lysin}}$

Afprøvningen har vist, at det har stor betydning, om treoninbehovet undersøges ved det lysinniveau, der er begrænsende for produktiviteten, hvilket svarer til den *internationalt anerkendte metode* til aminosyreforsøg (Metode 1), eller om treoninbehovet undersøges via *det omvendte forsøgsdesign* (Metode 2), hvor man holder treonin begrænsende og undersøger, hvilket lysinniveau der er nødvendigt for at udnytte et givet treoninniveau maksimalt. Forskellen på resultaterne fra de to metoder var 13 %-enheder, som følgende konkluderer.

Metode 1 førte til et højere estimat for Treonin:Lysin-forholdet på 63 % i forhold til *det omvendte forsøgsdesign* (Metode 2), der kunne vise et toppunkt ved 50 %.

Det er især kritisk at estimere behov for meget dyre eller ikke-tilsætbare aminosyrer for højt, fordi et overestimeret behov på dette punkt vil øge proteinniveauet unødigt og forringe proteinudnyttelsen. Eksempler på meget dyre aminosyrer, der er tilladt at tilsætte foderet i krystallinsk form, er isoleucin, leucin og histidin. I stedet for at tilsætte disse, vil proteinindholdet blive hævet i foderet, altså samme løsning som ved ikke-tilsætbare aminosyrer.

Den såkaldte Idealproteinprofil trænger derfor til et eftersyn med hensyn til disse aminosyrer samt tryptofan (fundet ved slagtegrise) [16], valin (fundet ved smågrise) [15] og summen af fenylalanin og tyrosin (fundet ved slagtegrise og smågrise) [16, 23].

Afhængigt af forsøgsbetingelserne, kan der i denne afprøvning findes treonin:lysin-forhold mellem 50 % og 63 %, hvilket må betragtes som yderområder af et ret stort interval (Tabel 2 og Figur 11). Ved 50 % treonin:lysin bliver treonin udnyttet meget, og produktiviteten er følsom for treonin-underforsyning. Omvendt, ved 63 % treonin:lysin bliver i lysin udnyttet meget, og produktiviteten er følsom for lysin-underforsyning.

Det blev desuden vist, at estimaterne for Treonin:Lysin steg, jo mere begrænsende lysin var, nemlig fra 58 % ved 11,8 gram lysin til 63 % ved 10,1 gram lysin pr. FEsv. Det kan være endnu en del af forklaringen til variationen i estimater mellem forskellige forsøg.

Denne afprøvning kunne ikke bekræfte hypotesen om, at høje treoninniveauer skulle kunne reducere behovet for behandling mod diarré [26]. Ved revurderingen af normen for treonin:lysin har dette indgået i overvejelserne ved ajourføringen af Normer for Næringsstoffer [25], samt at det (grundet prisforholdet mellem de to aminosyrer) er lidt billigere at have lidt sikkerhedsmargin på treonin i forhold til den biologisk optimale balance.

Referencer

- [1] Maribo, H., 2002. Afprøvning af treonin til smågrise. *Meddelelse nr. 549*, Den rullende Afprøvning.
- [2] Sloth, N.M og P. Tybirk, 2010. Lysinbehov til smågrise. *Meddelelse nr. 880*, Den rullende Afprøvning.
- [3] Sloth, N.M, P. Tybirk, J. Lindegaard, J. Vinther, 2017. Idealproteinniveau til smågrise. *Meddelelse nr. 1095*, Den rullende Afprøvning.
- [4] Florence Garcia-Launay, 2015. Minimum nutritional contents for feed formulation. Indeholdt i et indlæg på Offa Symposium 14. januar 2015, Billund.
- [5] National Research Council, 2012. Nutrient requirements of swine. Eleventh Revised Edition. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13298>.
- [6] Sloth, N.M, 2010. Valinbehov til smågrise. *Meddelelse nr. 881*, Den rullende Afprøvning.
- [7] Kyriazakis, I. & C.T. Whittemore, 2006. Whittemores science and practice of pig production. 3rd edition, p364-366.
- [8] Schneider, J.D., M.D. Tokach, S.S. Dritz, J.L. Nelssen, J.M. DeRouchey & R.D. Goodband, 2010. Determining the effect of lysine:calorie ratio on growth performance of ten- to twenty-kilogram of body weight nursery pigs of two different genotypes. *J. Anim. Sci.* 88:137-146.
- [9] De Lange, C.F.M., A.M. Gillis and G.J. Simpson, 2001. Influence of threonine intake on whole-body protein deposition and threonine utilization in growing pigs fed purified diets. *J. Anim. Sci.* 2001. 79:3087-3095.
- [10] Nørgaard, J.V. og J.A. Fernández, 2009. Isoleucine and valine supplementation of crude protein-reduced diets for pigs aged 5–8 weeks. *Animal Feed Science and Technology, Volume 154, Issues 3–4, 26th November 2009, Pages 248-253*.
- [11] Wiltafsky, M.K., B. Schmidlein, og F. X. Roth, 2009. Estimates of the optimum dietary ratio of standardized ileal digestible valine to lysine for eight to twenty-five kilograms of body weight pigs. *J ANIM SCI* 2009, 87:2544-2553.
- [12] Kendall, D.C. & Kerr, B.J. & Frank, Jason & Fent, R.W. & Usry, James & Allee, Gary. (2004). Evaluation of the true ileal digestible valine:Lysine ratio for 13 to 32 kg barrows. *J. Anim. Sci.* 82.
- [13] M Gaines, A & C Kendall, D & Allee, Gary & Usry, James & J Kerr, B. (2010). Estimation of the standardized ileal digestible valine-to-lysine ratio in 13- to 32-kilogram pigs. *Journal of animal science.* 89. 736-42. [10.2527/jas.2010-3134](https://doi.org/10.2527/jas.2010-3134).
- [14] Assadi Soumeh, Elham & Van Milgen, Jacob & Sloth, Niels Morten & Corrent, Etienne & D Poulsen, H & Nørgaard, Jan. (2015). Requirement of standardized ileal digestible valine to lysine ratio for 8- to 14-kg pigs. *Animal: an international journal of animal bioscience.* -1. 1-7. [10.1017/S1751731115000695](https://doi.org/10.1017/S1751731115000695).

- [15] Sloth, N.M., P. Tybirk, Grove, S.S, Hougesen, A.S. og Sommer, H.M. 2021. Aminosyrebehov til maksimal proteinudnyttelse hos smågrise. [Meddelelse nr. 1244](#), Den rullende afprøvning, SEGES Gris.
- [16] Sloth, N.M, P. Tybirk, J. Krogsdahl og S.E. Koziara 2018. Aminosyrebehov til slagtesvin ved to proteinniveauer. *Meddelelse nr. 1135*, Den rullende Afprøvning
- [17] Sloth, N.M og H. Maribo, 2004. Lysin- og treoninforsyning til slagtesvin. [Meddelelse nr. 659](#), Den rullende Afprøvning
- [18] Mao, X., Zeng, X., Qiao, S., Wu, G. og Li. D. 2011. Specific roles of threonine in intestinal mucosal integrity and barrier function. *Frontiers in Bioscience-Elite*. 1192-1200. [10.2741/e322](#)
- [19] Trottie, N.L. and X.F. Guan, 2000. Research paradigms behind amino acid requirements of the lactating sow: Theory and future application. *J. Anim. Sci.* 2000. 78(Suppl. 3):48-58.
- [20] Robbins, K.R., A.M. Saxton and L.L. Southern, 2006. Estimation of nutrient requirements using broken-line regression analysis. *J ANIM SCI* 2006, 84:E155-E165.
- [21] Gonçalves, M.A.D., N.M. Bello, S.S. Dritz, M.D. Tokach, J.M. DeRouchey, J.C. Woodworth and R.D. Goodband, 2016. An update on modeling dose–response relationships: Accounting for correlated data structure and heterogeneous error variance in linear and nonlinear mixed models. *J. Anim. Sci.* 2016.94:1940–1950 doi:10.2527/jas2015-0106.
- [22] Nørgaard, J.V., A. Shrestha, U. Krogh, N.M. Sloth, K. Blaabjerg, H.D. Poulsen, P. Tybirk and E. Corrent, 2013. Isoleucine requirement of pigs weighing 8 to 18 kg fed blood cell-free diets. *J. Anim. Sci.* 2013, 91:3759-3765. doi: 10.2527/jas.2012-5998.
- [23] Sloth, N.M., Krusturup, 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.
- [24] 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.
- [25] P. Tybirk, Sloth, N.M., Kjeldsen, N. og Weber, N.R. (2021): Normer for Næringsstoffer 31. udgave. SEGES Svineproduktion. Uddrag heraf ses i Appendiks 7.
- [26] Maiken N. Engelsmann, Niels Morten Sloth, Tina S. Nielsen, Jan V. Nørgaard. 2022. Effect of dietary threonine supplementation on growth performance and diarrhoea in weaned pigs. *Livestock Science* (2022), doi: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2022.105138>.

Deltagere

Tekniker: Tommy Nielsen

Afprøvning nr. 1602

NAV nr.: 1134

//KABL//

Dyregruppe: Smågrise fra 14 dage efter fravæning til ca. 30 kg

Fagområde: Ernæring

Nøgleord: Treonin, lysin, responsfladeforsøg, dosisresponsforsøg, treonin:lysin-forhold

Anvendte forkortelser og begreber

Forkortelse	Betydning
Protein	Råprotein
Fordøjeligt	Protein og aminosyrer: Standardiseret ilealt fordøjeligt Fosfor: Tilsyneladende fækalt fordøjeligt
F. (i tabeller og grafer)	Fordøjeligt
Frie aminosyrer	Krystallinske aminosyrer, der kan tilsættes foderet
Idealprotein	Forholdet mellem aminosyrerne i det såkaldte Idealproteinforhold. I nærværende meddelelse benævnes dette "såkaldt", fordi forholdstallene for tryptofan, isoleucin, leucin, histidin, fenyalanin+tyrosin og valin er estimeret 5-10 % for højt, som påvist i flere undersøgelser [15, 16, 23 og 24] samt i nærværende meddelelse.
KL-metode	Den kurvelineære metode, også kaldet "kurvelineær plateau" eller blot KL-plateau.
BL-metode	"Brækket linjes metode", også kaldet "brækket linje plateau" eller blot BL-plateau

Appendiks 1

Sammensætning af grundblandingerne

Fodermiddelsammensætning af de fire grundblandinger.

Gruppe 1 fik udelukkende grundblanding nr. 101. Gruppe 5 fik udelukkende grundblanding nr. 105.

Gruppe 21 fik udelukkende grundblanding nr. 121. Gruppe 25 fik udelukkende grundblanding nr. 125.

Grundblanding	101	105	121	125
	% iblanding			
Byg	10,00	10,00	10,00	10,00
Hvede	40,20	39,61	40,50	39,92
Rug	19,80	19,51	19,95	19,66
Sojaskråfoder, afskallet, toastet	15,00	15,00	15,00	15,00
Fedt, teknisk 92/10	1,88	1,92	1,92	1,96
Kartoffelproteinkoncentrat (Langholt)	2,90	2,90	2,90	2,90
Sojaproteinkoncentrat, fermenteret tørret, HP 200	5,29	5,41	5,22	5,35
L-Lysin 98 % HCL	0,18	0,89	0,18	0,89
DL-Methionin DL 98 %	0,34	0,34	0,35	0,34
L-Treonin 98 %	0,43	0,43		
L-Tryptofan 99 %	0,14	0,14	0,14	0,14
L-Valin 96,5 %	0,28	0,28	0,28	0,28
Mineraler, vitaminer, enzymer, støvbinder m.v.	3,56	3,57	3,56	3,56

Appendiks 2

Resultat af foderanalyserne på de fire grundblandinger

Grundblanding	101				105				121				125				
	Enhed	Forven-	Analy-	A:F,%	Ant.	Forven-	Analy-	A:F,%	Ant.	Forven-	Analy-	A:F,%	Ant.	Forven-	Analy-	A:F,%	Ant.
		tet	seret			tet	seret			tet	seret			tet	seret		
Råprotein	pct.	19,6	19,4	99%	11	20,2	19,9	98%	11	19,3	19,2	99%	11	19,9	19,6	98%	11
Råfedt	pct.	3,9	3,8	99%	11	3,9	3,8	98%	11	3,9	3,9	100%	11	3,9	3,9	98%	11
Aske	pct.	6,0	5,4	90%	11	6,1	5,4	89%	11	6,0	5,6	93%	11	6,2	5,4	88%	11
Vand	pct.	12,5	12,5	100%	11	12,5	12,5	100%	11	12,5	12,5	100%	11	12,5	12,5	100%	11
EFOS	pct.	91,4	90,9	99%	11	91,5	91,2	100%	11	91,4	91,3	100%	11	91,4	91,0	100%	11
EFOSi	pct.	84,2	83,7	99%	11	84,3	83,8	99%	11	84,1	83,7	100%	11	84,2	83,7	99%	11
FEsv	100 kg	110,7	110,8	100%	11	110,6	110,9	100%	11	110,8	110,9	100%	11	110,7	110,8	100%	11
FEso	100 kg	110	110	100%	11	110	110	100%	11	110	110	100%	11	110	110	100%	11
Fytaseaktivitet	FTU/kg	1491	2205	148%	11	1491	2088	140%	11	1491	2160	145%	11	1491	2115	142%	11
Mineraler																	
Calcium	g/kg	8,3	9,6	115%	11	8,3	9,6	115%	11	8,3	9,9	119%	11	8,3	9,7	117%	11
Fosfor	g/kg	6,0	6,0	100%	11	6,0	6,0	101%	11	6,0	6,1	102%	11	6,0	6,1	102%	11
Natrium	g/kg	2,4	2,6	107%	11	2,4	2,5	104%	11	2,4	2,7	112%	11	2,4	2,5	105%	11
Kalium	g/kg	7,5	7,6	101%	11	7,5	7,6	102%	11	7,5	7,7	103%	11	7,5	7,6	102%	11
Magnesium	g/kg	1,2	1,7	143%	11	1,2	1,7	143%	11	1,2	1,7	144%	11	1,2	1,7	144%	11
Jern	mg/kg	184	427	233%	11	184	428	233%	11	184	472	257%	11	184	445	242%	11
Kobber	mg/kg	153	154	101%	11	153	154	100%	11	153	157	102%	11	153	152	100%	11
Mangan	mg/kg	67	92	138%	11	67	90	135%	11	67	91	136%	11	67	91	136%	11
Zink	mg/kg	114	194	171%	11	113	196	173%	11	114	199	175%	11	113	195	172%	11
Totalt aminosyreindhold, forventede og analyserede værdier																	
Lysin	g/kg	11,4	11,2	98%	11	16,9	16,8	100%	11	11,4	11,2	98%	11	16,9	16,3	96%	11
Methionin	g/kg	6,2	5,6	91%	11	6,2	5,6	91%	11	6,2	5,7	92%	11	6,2	5,5	88%	11
Cystin	g/kg	3,1	3,0	97%	11	3,1	3,0	98%	11	3,1	3,1	98%	11	3,1	3,0	97%	11
Threonin	g/kg	11,5	10,8	94%	11	11,5	10,9	95%	11	7,3	7,4	102%	11	7,3	7,4	101%	11
Tryptofan	g/kg	3,8	3,7	96%	11	3,8	3,7	98%	11	3,8	3,7	96%	11	3,8	3,6	95%	10
Isoleucin	g/kg	7,7	7,5	97%	11	7,7	7,6	98%	11	7,7	7,5	97%	11	7,7	7,5	98%	11
Leucin	g/kg	14,3	13,5	94%	11	14,3	13,6	95%	11	14,3	13,6	95%	11	14,3	13,4	94%	11
Histidin	g/kg	4,5	4,2	94%	11	4,5	4,3	95%	11	4,5	4,3	95%	11	4,5	4,3	94%	11
Fenylalanin	g/kg	9,4	9,1	96%	11	9,4	9,1	97%	11	9,5	9,1	96%	11	9,4	9,0	95%	11
Tyrosin	g/kg	6,8	6,1	89%	11	6,8	6,1	89%	11	6,8	6,2	90%	11	6,8	6,0	88%	11
Valin	g/kg	11,8	11,1	94%	11	11,7	11,2	95%	11	11,8	11,1	94%	11	11,8	10,9	93%	11
Alanin	g/kg		7,7		11		7,7		11		7,7		11		7,6		11
Arginin	g/kg		10,9		11		10,9		11		10,8		11		10,8		11
Asparaginsyre	g/kg		17,7		11		17,8		11		18,0		11		17,6		11
Glutaminsyre	g/kg		36,0		11		35,6		11		36,1		11		35,6		11
Glycin	g/kg		7,8		11		7,8		11		7,8		11		7,7		11
Prolin	g/kg		11,7		11		11,7		11		11,7		11		11,8		11
Serin	g/kg		9,1		11		9,1		11		9,2		11		8,8		11
Fri aminosyre, forventede og analyserede værdier samt forholdet Analyseret:Forventet																	
Frit Lysin	g/kg	1,42	1,59	112%	10	7,01	6,88	98%	11	1,42	1,54	108%	11	7,01	6,76	96%	11
Frit Metionin	g/kg	3,37	3,07	91%	10	3,37	3,26	97%	11	3,37	3,14	93%	11	3,37	3,09	92%	11
Frit Treonin	g/kg	4,21	3,87	92%	10	4,21	4,04	96%	11	0,00	0,34		11	0,00	0,42		11
Frit Tryptofan	g/kg	1,22	1,22	100%	11	1,22	1,25	103%	11	1,22	1,21	99%	11	1,22	1,22	100%	11
Frit Valin	g/kg	2,70	2,38	88%	10	2,70	2,54	94%	11	2,70	2,42	90%	11	2,70	2,48	92%	11
Fri aminosyre, forventede og analyserede værdier i forhold til totalindhold af samme aminosyre																	
Frit Lysin:Lysin	%	12%	14%			41%	41%			12%	14%			41%	41%		
Frit Metionin:Methionin	%	54%	54%			54%	58%			54%	55%			54%	57%		
Frit Treonin:Threonin	%	37%	36%			37%	37%			0%	5%			0%	6%		
Frit Tryptofan:Tryptofan	%	32%	33%			32%	34%			32%	33%			32%	34%		
Frit Valin:Valin	%	23%	21%			23%	23%			23%	22%			23%	23%		
Fordøjeligt indhold pr. FEsv (beregnet ud fra analyseresultaterne og beregnede fordøjelighedskoefficienter)																	
F. råprotein	g/FEsv	154	152	99%	11	160	156	98%	11	151	150	99%	11	157	154	98%	11
F. lysin	g/FEsv	9,0	8,8	98%	11	14,0	13,9	99%	11	9,0	8,8	98%	11	14,0	13,5	96%	11
F. methionin	g/FEsv	5,3	4,8	91%	11	5,3	4,8	90%	11	5,3	4,9	91%	11	5,3	4,7	88%	11
F. cystin	g/FEsv	2,3	2,2	97%	11	2,3	2,2	97%	11	2,3	2,2	98%	11	2,3	2,2	97%	11
F. met+cyst	g/FEsv	7,6	7,0	93%	11	7,6	7,0	93%	11	7,6	7,1	93%	11	7,6	6,9	90%	11
F. treonin	g/FEsv	9,3	8,7	94%	11	9,3	8,8	95%	11	5,5	5,6	101%	11	5,5	5,6	101%	11
F. tryptofan	g/FEsv	3,1	3,0	96%	11	3,1	3,0	97%	11	3,1	3,0	96%	11	3,1	3,0	95%	10
F. isoleucin	g/FEsv	6,1	5,9	97%	11	6,1	6,0	98%	11	6,1	5,9	97%	11	6,1	5,9	98%	11
F. leucin	g/FEsv	11,3	10,7	94%	11	11,3	10,7	95%	11	11,3	10,7	95%	11	11,3	10,6	94%	11
F. histidin	g/FEsv	3,6	3,4	93%	11	3,6	3,4	95%	11	3,6	3,4	95%	11	3,6	3,4	94%	11
F. fenylalan	g/FEsv	7,5	7,3	96%	11	7,5	7,3	97%	11	7,5	7,2	96%	11	7,5	7,1	95%	11
F. tyrosin	g/FEsv	5,4	4,8	89%	11	5,4	4,8	89%	11	5,4	4,9	90%	11	5,4	4,7	88%	11
F. fenyl+tyr	g/FEsv	12,9	12,1	93%	11	12,9	12,1	94%	11	12,9	12,1	94%	11	12,9	11,9	92%	11
F. valin	g/FEsv	9,4	8,9	94%	11	9,4	9,0	95%	11	9,4	8,8	94%	11	9,4	8,7	93%	11
Forkortelser: A:F,% = Analyseret i % af Forventet. Ant. = Antal analyser bag tallet																	
*) Forventede værdier er anslået naturligt indhold plus tilsatte niveauer																	

Appendiks 3

Analyserede og beregnede værdier pr. gruppe

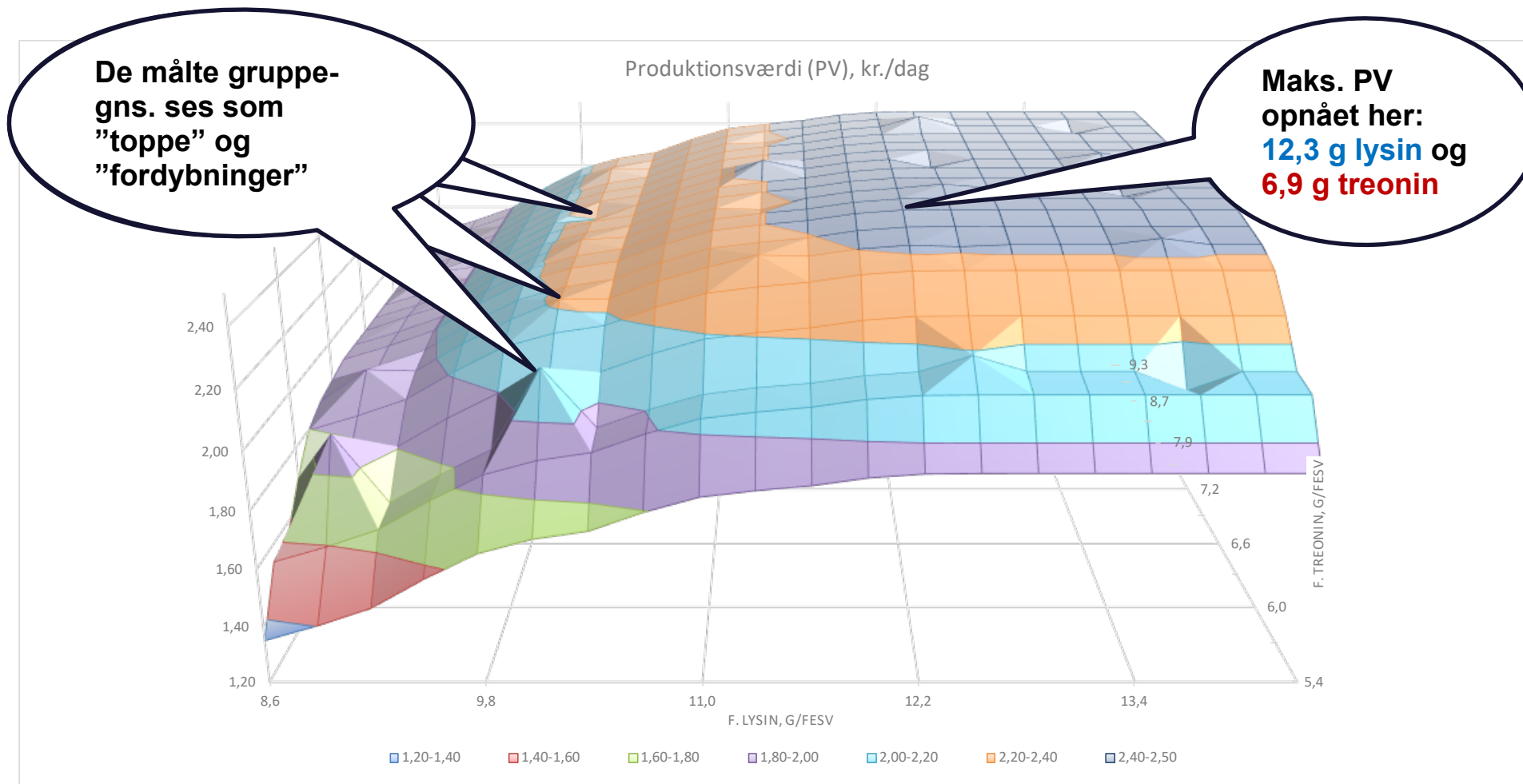
Gruppe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
F lysin	8,8	10,1	11,2	12,5	13,7	8,8	10,0	11,3	12,4	13,5	8,9	10,1	11,3	12,4	13,7	8,9	10,0	11,3	12,5	13,6	8,7	10,2	11,2	12,2	13,5
F treonin	8,8	8,7	8,7	8,7	8,8	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,1	7,2	7,2	7,2	7,2	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	5,5	5,7	5,6	5,5	5,6
F Tre:Lys	100%	87%	78%	70%	64%	90%	78%	70%	64%	58%	81%	71%	64%	58%	53%	72%	63%	57%	51%	47%	63%	55%	50%	45%	41%
<i>Gram pr. FEsv</i>																									
F råprotein	153	153	154	155	157	152	152	154	155	156	151	152	153	154	156	150	151	153	154	155	149	152	153	153	155
F lysin	8,8	10,1	11,2	12,5	13,7	8,8	10,0	11,3	12,4	13,5	8,9	10,1	11,3	12,4	13,7	8,9	10,0	11,3	12,5	13,6	8,7	10,2	11,2	12,2	13,5
F methionin	4,9	4,8	4,9	4,8	4,9	4,8	4,9	4,8	4,8	4,7	4,9	4,9	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,9	4,8	4,7	4,7
F met+cys	7,1	7,0	7,1	7,0	7,1	7,0	7,1	7,0	7,0	7,0	7,1	7,1	7,0	7,0	7,0	7,1	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,1	7,0	6,9	6,9
F treonin	8,8	8,7	8,7	8,7	8,8	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,1	7,2	7,2	7,2	7,2	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	5,5	5,7	5,6	5,5	5,6
F tryptofan	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
F isoleucin	5,9	5,9	5,9	6,0	6,0	5,9	5,9	5,9	5,9	6,0	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9
F leucin	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,6	10,7	10,7	10,7	10,6	10,6
F histidin	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
F fenylalanin	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,2	7,3	7,3	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,3	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,1
F tyrosin	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,9	4,8	4,8	4,8	4,8	4,9	4,9	4,8	4,8	4,8	4,9	4,8	4,8	4,8	4,7
F fen+tyr	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,0	12,1	12,1	12,0	12,0	12,1	12,0	12,1	12,1	12,1	12,0	11,9	12,1	12,1	12,0	11,9	11,9
F valin	8,8	8,8	8,8	8,9	8,9	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,7	8,7	8,9	8,8	8,7	8,7
<i>Fordøjelige aminosyrer i % af fordøjeligt lysin</i>																									
F methionin	55%	48%	43%	38%	36%	55%	48%	43%	39%	35%	55%	48%	42%	38%	35%	55%	48%	43%	38%	35%	55%	48%	43%	38%	35%
F met+cys	81%	70%	63%	56%	52%	80%	70%	62%	57%	52%	81%	70%	62%	56%	51%	80%	70%	63%	56%	51%	81%	70%	63%	56%	51%
F treonin	100%	87%	78%	70%	64%	90%	78%	70%	64%	58%	81%	71%	64%	58%	53%	72%	63%	57%	51%	47%	63%	55%	50%	45%	41%
F tryptofan	34%	30%	27%	24%	22%	34%	30%	27%	24%	22%	34%	30%	26%	24%	22%	34%	30%	27%	24%	22%	34%	29%	27%	24%	22%
F isoleucin	67%	59%	53%	48%	43%	67%	59%	53%	48%	44%	67%	59%	52%	48%	43%	67%	59%	53%	48%	44%	68%	58%	53%	48%	44%
F leucin	121%	106%	95%	86%	78%	121%	107%	95%	86%	79%	121%	106%	95%	86%	78%	121%	107%	95%	86%	78%	123%	105%	95%	87%	79%
F histidin	38%	34%	30%	27%	25%	38%	34%	30%	27%	25%	38%	34%	30%	27%	25%	39%	34%	30%	27%	25%	39%	34%	30%	28%	25%
F Fenylalanin	82%	72%	65%	58%	53%	82%	72%	64%	58%	54%	82%	72%	64%	58%	53%	82%	72%	64%	58%	53%	83%	71%	64%	59%	53%
F Fen+Tyr	137%	120%	108%	97%	88%	137%	120%	107%	97%	89%	137%	119%	107%	97%	88%	136%	120%	107%	96%	88%	139%	118%	107%	98%	88%
F Valin	100%	87%	79%	71%	65%	100%	87%	78%	71%	65%	99%	88%	78%	71%	65%	99%	87%	78%	70%	65%	99%	87%	78%	71%	65%
<i>Procent af den såkaldte "idealprotein-profil" for smågrise. Idealproteinprofilen angiver f.eks. at isoleucin skal udgøre 53% af lysin, leucin skal udgøre 100% af lysin og histidin 32% af lysin</i>																									
Iso, "profil-%"	127%	111%	100%	90%	82%	127%	111%	99%	91%	83%	126%	111%	99%	90%	82%	126%	111%	99%	90%	83%	128%	109%	100%	91%	83%
Leu, "profil-%"	121%	106%	95%	86%	78%	121%	107%	95%	86%	79%	121%	106%	95%	86%	78%	121%	107%	95%	86%	78%	123%	105%	95%	87%	79%
His, "profil-%"	119%	105%	95%	85%	78%	120%	106%	95%	86%	79%	120%	105%	94%	86%	78%	121%	107%	95%	85%	78%	123%	105%	95%	87%	78%
Val, "profil-%"	149%	131%	117%	106%	97%	149%	130%	117%	106%	97%	149%	131%	117%	105%	96%	148%	130%	116%	105%	96%	148%	130%	117%	106%	97%

I gruppe 4, 5, 9, 10, 14 og 15 blev der opnået maksimal produktivitet (mere end 12,3 gram lysin og 6,9 gram treonin). Her er tallene for de ikke-tilsatte aminosyrer angivet med rød skriftfarve.

Appendiks 4

Tredimensionel responsfladefigur (Metode 5 under udvikling)

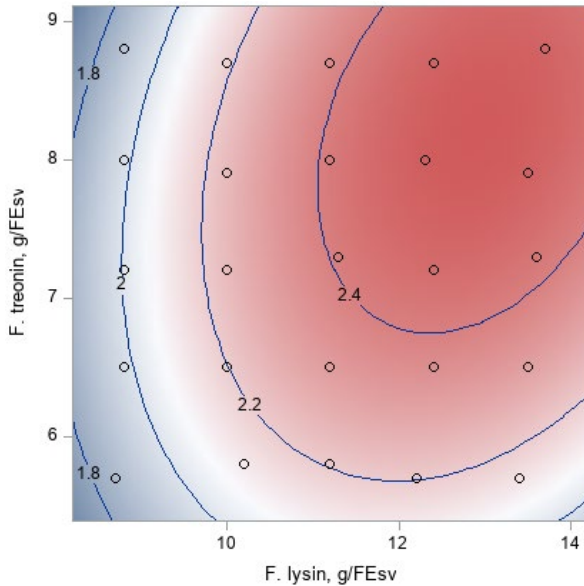
Tredimensionel figur, hvor der gives overblik over den kombinerede effekt af lysin og treonin. De 25 gruppegennemsnit (LSmeans) er angivet som enten forhøjninger eller fordybninger i forhold til responsfladen.



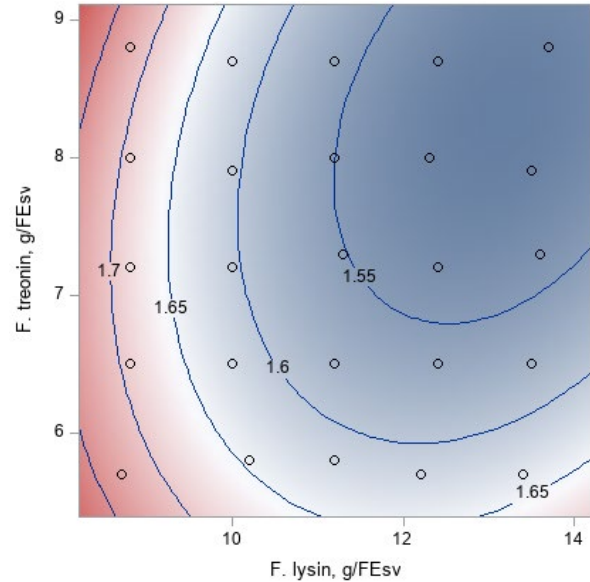
Appendiks 5

Højdekurveplot, traditionel 2. ordens responsflademodel (metode 4)

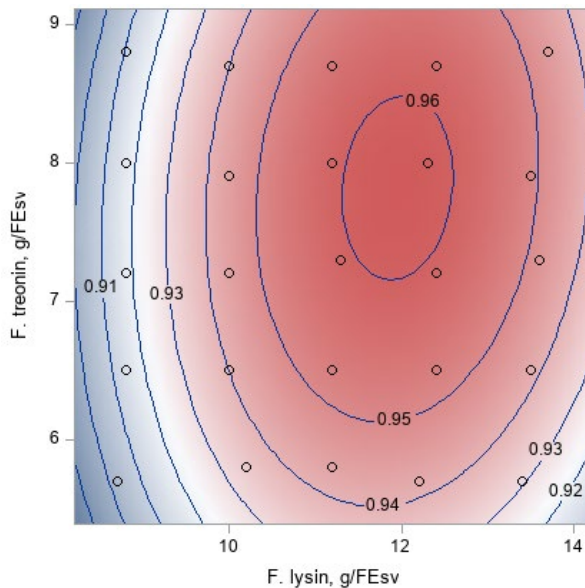
I Figur 12-15 er resultaterne præsenteret i form af en farveskala, hvor de højeste tal er angivet med et mørkerødt område, og de laveste tal er angivet med mørkeblå farve. Hvor der er kort afstand mellem "højdekurverne", er udviklingen i talstørrelsen fra lav til høj mere stejl i forhold til længere afstand mellem "højdekurverne".



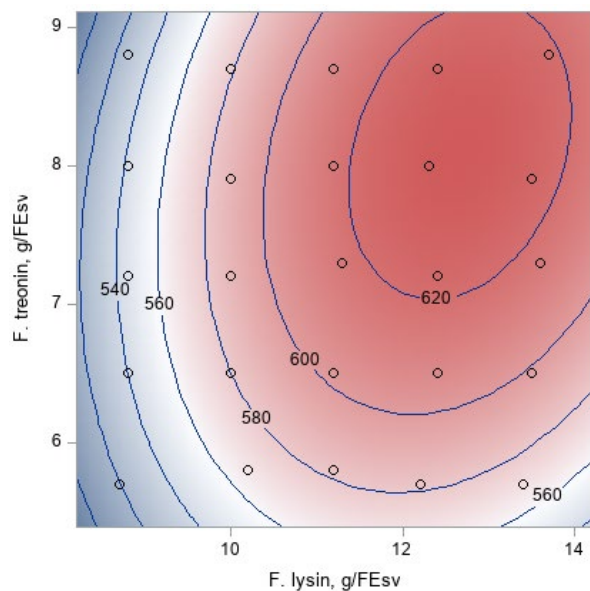
Figur 12. Produktionsværdi, kr. pr. gris pr. dag (sammenvejning af daglig tilvækst og foderudnyttelse).



Figur 13. Foderudnyttelse, FEsv pr. kg tilvækst.



Figur 14. Foderoptagelse, FEsv pr. dag.



Figur 15. Daglig tilvækst, gram.

Appendiks 6

Uddybende forklaring til funktionskombinationerne bag resultaterne i Appendiks 4.

Eksempel på funktionskombination 1:

Kurvelineært plateau til lysinniveau (x) og brækket linje plateau til treoninniveau (y)

$x1=0$; if $x < \text{TopX}$ then $x1=(\text{TopX} - x)^2$; * (x1 = hældning på en kurve før toppunktet for lysin);

$y1=0$; if $y < \text{TopY}$ then $y1=(\text{TopY} - y)$; * (y1 = hældning på en skrå linje før toppunktet for treonin);

model i SAS: PV = vgt x1 y1 x1*y y1*x x1*(y^2) y1*(x^2) / solution; random hold;

Eksempel på funktionskombination 2:

Kurve + en anden kurve til lysinniveau (x) og kurvelineær plateau til treoninniveau (y)

$x1=0$; if $x < \text{TopX}$ then $x1=(\text{TopX} - x)^2$; * (x1 = hældning på en kurve før toppunktet for lysin);

$x2=0$; if $x \geq \text{TopX}$ then $x2=(\text{TopX} - x)^2$; * (x2 = hældning på en anden kurve efter toppunktet for lysin);

$y1=0$; if $y < \text{TopY}$ then $y1=(\text{TopY} - y)^2$; * (y1 = hældning på en kurve før toppunktet for treonin);

model i SAS: PV = vgt x1 x2 y1 x1*y y1*x x1*(y^2) y1*(x^2) / solution; random hold;

Variabelforklaringer:

TopX er det funktionsskiftepunkt (toppunkt) for lysinniveau, der iterativt afprøves for det undersøgte lysindosis-interval, og TopY anvendes tilsvarende for treonin. vgt = vægt ved indsættelse og hold er tilfældig effekt af staldsektion. Ved fravær af x2 og y2 i modellen forudsættes hældning lig med 0 efter toppunkt = et plateau = flad linje.

Appendiks 7

Uddrag, normsættet, maj 2021 [25]

Uddrag af 31. udgave af Normer for Næringsstoffer (maj 2021).

Tabel 1a. Næringsstofnormer til smågrise.

Blandingstype	Til god foderudnyttelse: < 1,65 FEsv / kg tilvækst, 6-30 kg				% af lysin
	6-9 6-15	9-15	9-30	15-30	
Leucin, histidin og isoleucin i % af "idealprotein-profil"	86	86	88	90	
<i>Normkolonne</i>	1	2	3	4	
Normer for fordøjeligt protein og aminosyrer, gram pr. FEsv					
Lysin	11,5	11,5	12,0	12,0	
Methionin	3,7	3,7	3,8	3,8	32
Methionin + cystin	6,2	6,2	6,5	6,5	54
Treonin	7,1	7,1	7,4	7,4	62
Tryptofan	2,4	2,4	2,5	2,5	21
Isoleucin	5,2	5,2	5,6	5,7	46-48
Leucin	9,9	9,9	10,6	10,8	86-90
Histidin	3,2	3,2	3,4	3,5	28-29
Fenylalanin	6,2	6,2	6,5	6,5	54
Fenylalanin + tyrosin	10,9	10,9	11,4	11,4	95
Valin	7,2	7,2	7,6	7,6	62-64
Protein, min.	135	137	145	148	
Protein, maks.	143	145	153	156	

Tabel 1b. Næringsstofnormer til smågrise.

Blandingstype	Skåne (> 1,8 FEsv / kg tilv. 6-30 kg)				Standard (1,65-1,8 FEsv / kg tilv. 6-30 kg)				% af lysin
	6-9 6-15	9-15	9-30	15-30	6-9 6-15	9-15	9-30	15-30	
Leucin, histidin og isoleucin i % af "idealprotein-profil"	86	86	88	90	86	86	88	90	
<i>Normkolonne</i>	10	11	12	13	14	15	16	17	
Normer for fordøjeligt protein og aminosyrer, gram pr. FEsv									
Lysin	10,0	10,5	11,0	11,0	11,0	11,0	11,5	11,5	
Methionin	3,2	3,4	3,5	3,5	3,5	3,5	3,7	3,7	32
Methionin + cystin	5,4	5,7	5,9	5,9	5,9	5,9	6,2	6,2	54
Treonin	6,2	6,5	6,8	6,8	6,8	6,8	7,1	7,1	62
Tryptofan	2,1	2,2	2,3	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	21
Isoleucin	4,6	4,8	5,1	5,2	5,0	5,0	5,4	5,5	46-48
Leucin	8,6	9,0	9,7	9,9	9,5	9,5	10,1	10,4	86-90
Histidin	2,8	2,9	3,1	3,2	3,0	3,0	3,2	3,3	28-29
Fenylalanin	5,4	5,7	5,9	5,9	5,9	5,9	6,2	6,2	54
Fenylalanin + tyrosin	9,5	10,0	10,5	10,5	10,5	10,5	10,9	10,9	95
Valin	6,2	6,5	6,9	7,0	6,9	6,9	7,2	7,3	62-64
Protein, min.	118	125	134	137	130	132	140	143	
Protein, maks.	126	133	142	145	138	140	148	151	



Tlf.: 87 40 50 00

info@seg.es.dk

Ophavsretten tilhører SEGES Innovation P/S. Informationerne fra denne hjemmeside må anvendes i anden sammenhæng med kildeangivelse.

Ansvar: Informationerne på denne side er af generel karakter og søger ikke at løse individuelle eller konkrete rådgivningsbehov.

SEGES Innovation P/S er således i intet tilfælde ansvarlig for tab, direkte såvel som indirekte, som brugere måtte lide ved at anvende de indlagte informationer.