

Protein- og aminosyrefordøjeligheder i proteinfodermidler til grise

Uffe Pinholt Krogh, Karoline Blaabjerg og Søren Kjærgaard Boldsen

SEGES Innovation P/S, Den rullende Afprøvning

STØTTET AF

Svineafgiftsfonden

Hovedkonklusion

Standardiserede ileale fordøjeligheder af råprotein og aminosyrer i hestebønner, afskallede hestebønner, ærter, rapsskrå, solsikkekrå og tre forskellige partier af sojaskrå blev bestemt i to forsøg med fistulerede grise på omkring 40 til 60 kg.

De standardiserede ileale fordøjeligheder, og dermed kvaliteten af sojaskrå kan variere betydeligt mellem partier. For hestebønner, afskallede hestebønner og ærter steg de standardiserede fordøjeligheder i takt med grisens vægt, mens grisens vægt ikke påvirkede fordøjeligheden af sojaskrå, solsikkekrå og rapsskrå.

Resultater fra de to forsøg vil bidrage til opdatering af fordøjelighedsværdierne i SEGES Innovations Fodermiddeltabel 2025.

Sammendrag

Baggrund og formål

Der er i griseproduktionen stort fokus på at kunne anvende alternativer til sojaskrå. Erstatning af sojaskrå med andre proteinfodermidler forudsætter bl.a. solidt bestemte fordøjeligheder, så fodermidlerne kan inkluderes i foderblandinger uden tab af produktivitet og foderudnyttelse.

Formålet var derfor at bestemme standardiserede ileale fordøjeligheder (SID) af protein og aminosyrer i tre forskellige batch af sojaskrå samt i hestebønner, afskallet hestebønner, rapsskrå, ærter og solsikkekrå.

Materialer og metoder

Der blev gennemført to forsøg med fistulerede grise, hvor der blev bestemt SID af protein og aminosyrer for hestebønner, afskallede hestebønner, ærter, rapsskrå og solsikkekrå og tre forskellige partier af sojaskrå. Standardiserede ileale fordøjeligheder blev bestemt ud fra fodermidlernes 'tilsyneladende fordøjeligheder' af protein og aminosyrer, som blev korrigeret for grisenes 'basale endogene tab' af protein og aminosyrer målt i de samme forsøgsfaciliteter.

Resultater, diskussion og konklusion

Standardiserede fordøjeligheder af råprotein blev bestemt til 80 %, 84 %, og 88 % i de tre forskellige partier af sojaskrå, hvilket viser en betydelig variation i kvaliteten af sojaskrå, som der ikke tages højde for ved foderoptimering. For afskallede hestebønner var SID af råprotein og aminosyrer omkring 5 %-point højere end SID tilsvarende af råprotein og aminosyrer for hestebønner formalet som hele hestebønner inklusive skallerne. Selvom hestebønnerne med og uden skaller ikke kom fra samme parti, tyder resultaterne på, at afskalning øger SID af råprotein og aminosyrer med omkring 5 %-point. På tværs af fodermidler og aminosyrer, var SID af råprotein og aminosyrer i gennemsnit mellem 3 og 6 %-point lavere end tilsvarende fordøjeligheder i SEGES Innovations Fodermiddeltabel. Forskelle i fodermidlernes formalingsgrad, den anvendte foderstyrke, varmeskade ved processering samt grisenes vægt kan være blandt forklaringer på forskelle til tabelværdier. Samtidig viste resultaterne, at SID af råprotein i hestebønner og solsikkekrå relativt til den gennemsnitlige SID af råprotein i sojaskrå var sammenlignelig med værdierne i SEGES Innovations Fodermiddeltabel, hvilket tyder på, at disse fodermidler er vurderet korrekt i forhold til hinanden.

Resultater fra de to forsøg vil bidrage til opdatering af SID af råprotein og aminosyrer i SEGES Innovations Fodermiddeltabel 2025, som anvendes ved sammensætning af foderblandinger til alle grupper af grise.

Baggrund

Sojaskrå er det mest udbredte og afprøvede proteinfodermiddel i griseproduktionen, og importeres hovedsageligt fra Nord- og Sydamerika. I Sydamerika dyrkes sojabønner bl.a. på arealer, hvor der tidligere har været regnskov, hvilket sammen med transport til Europa øger sojaskrås klimaaftryk. Blandt andet derfor, er der fokus på at kunne anvende forskellige typer af proteinfodermidler til grise som alternativer til sojaskrå. Erstatning af sojaskrå med andre proteinfodermidler forudsætter bl.a. en sikker bestemmelse af fodermidlernes standardiserede ileale fordøjeligheder (SID) af råprotein og aminosyrer, så fodermidlerne kan inkluderes i foderblandinger uden risiko for reduceret tilvækst og forringet og foderudnyttelse.

SEGES Innovation opdaterer årligt Fodermiddeltabellens standardværdier for de hyppigst anvendte fodermidler i dansk griseproduktion [1]. Dette gøres primært i form af kemiske analyser af indholdet af næringsstoffer i korn og andre fodermidler, som indsamles i samarbejde med foderstofbranchen [2].

Derimod er fodermidlernes SID for råprotein og aminosyrer hovedsageligt baseret på internationale forsøg fra 1980'erne og 90'erne samt fra det daværende Statens Husdyrbrugsforsøg [3, 4]. Siden da, er der sket betydelige ændringer i genetik og produktionsforhold for både grise og foderafgrøder, som kan have påvirket fodermidlernes fordøjelighed [5, 6]. I samme periode er der indført et nyt energivurderingssystem, som påvirker foderoptimeringen, da næringsstofindholdet angives pr. foderenhed [7]. Derudover er foderets proteinindhold reduceret bl.a. ved hjælp af tilsætning af frie aminosyrer, som betyder, at foderet optimeres med en mindre sikkerhedsmargin på de aminosyrer, der ikke tilsættes. Tilsammen har ændringerne betydet, at det gennemsnitlige foderforbrug til slagtegrise er reduceret fra 3,01 til 2,65 FE/kg over de seneste 30 år, på trods af, at slagtevægten er steget omkring 12 kg i samme periode [8, 9].

Sojaskrå er, som nævnt, den mest anvendte proteinkilde i grisefoder, og derfor er de danske anbefalinger til foderets samlede indhold af protein og aminosyrer (Normerne for næringsstoffer [10]) baseret på forsøg, hvor foderudnyttelse og produktivitet er registreret for foderblandinger med forskellige niveauer af sojaskrå [11, 12]. Sojaskrå er derfor et referencefodermiddel, hvilket betyder, at det er vigtigt med en korrekt vurdering af det relative forhold mellem et fodermiddels SID råprotein og SID råprotein for sojaskrå. Med korrekte bestemmelser af SID råprotein og aminosyrer for de forskellige fodermidler sikres det, at foderblandingerne kan sammensættes, så grisen forsynes med samme mængde SID af essentielle aminosyrer pr. foderenhed, uanset hvilket fodermiddel, der vælges. Opdaterede værdier for fodermidlers fordøjeligheder giver en øget fleksibilitet i valg af fodermidler, som er relevant for prisoptimering ifm. med udsving i fodermidlernes priser og tilgængelighed.

Der er derfor behov for opdaterede og solidt bestemte SID af råprotein og aminosyrer for både sojaskrå og alternativer til sojaskrå – herunder hestebønner, afskallede hestebønner, ærter, rapsskrå og solsikkekrå.

Formålet var derfor at bestemme SID råprotein og aminosyrer i tre forskellige batch af sojaskrå samt i hestebønner, afskallet hestebønner, rapsskrå, ærter og solsikkekrå.

Materialer og metoder

I dette afsnit gives en overordnet beskrivelse af fordøjelighedsforsøgene samt hvordan de blev gennemført. I **Appendiks 1** er der derudover en mere detaljeret beskrivelse af forsøgenes gennemførelse

Forsøgsbeskrivelse

Protein- og aminosyrevurdering

Det danske proteinvurderingssystem er baseret på SID af protein og aminosyrer, som er fordøjeligheder målt ved slutningen af grisens tyndtarm (tilsyneladende fordøjeligheder), som efterfølgende er standardiseret for at give et mere retvisende udtryk for fodermidlernes reelle fordøjelighed. Ved standardisering af de målte fordøjeligheder (tilsyneladende fordøjeligheder), korrigeres der for grisens basale endogene tab af protein og aminosyrer ved ileum. Denne standardisering laves, fordi grisene udskiller råprotein og aminosyrer (basalt endogent tab) f.eks. via fordøjelsesenzymer og som derfor påvirker den målte fordøjelighed (tilsyneladende fordøjelighed). Det basale endogene tab har relativ stor betydning for den målte fordøjelighed ved fodermidler med lavt proteinindhold, men mindre betydning ved fodermidler med højt proteinindhold. Derfor standardiseres de målte fordøjeligheder, så fordøjeligheder af fodermidler med højt og lavt proteinindhold kan sammenlignes [7].

Forsøgsgennemførelse

For at kunne bestemme fodermidlernes SID råprotein og aminosyrer, blev de tilsyneladende ileale fordøjeligheder af protein og aminosyrer bestemt i tre forskellige batch af sojaskrå samt i hestebønner, afskallet hestebønner, rapsskrå, ærter og solsikkekrå (tilsyneladende fordøjeligheder). Derudover blev grisenes basale endogene tab af protein og aminosyrer bestemt ved at måle udskillelsen af protein og aminosyrer fra grise, som fik foder baseret på råvarer, der ikke indeholder protein og aminosyrer, et såkaldt kvælstoffrit eller N-frit foder.

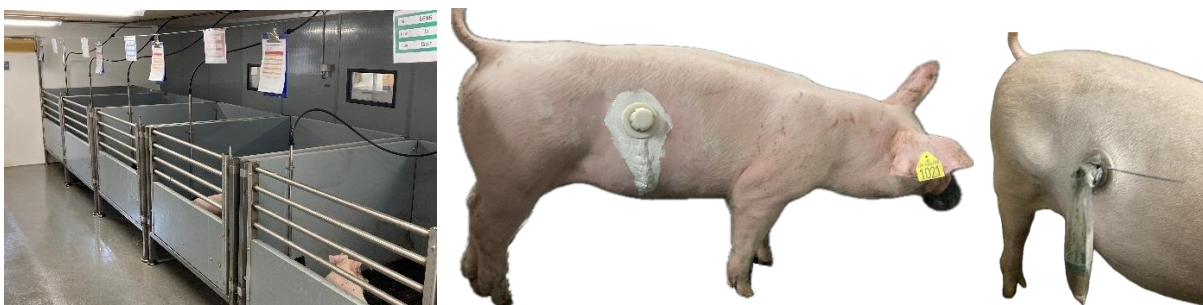
Herefter blev SID af råprotein og aminosyrer beregnet på baggrund af det basale endogene tab og de tilsyneladende fordøjeligheder af protein og aminosyrer. Bestemmelsen af SID af protein og aminosyrer for otte råvarer blev gennemført i to separate fordøjelighedsforsøg med fire råvarer i hvert forsøg som vist nedenfor (Tabel 1).

Tabel 1. Foderbehandlinger og antal gentagelser til bestemmelse af standardiserede fordøjeligheder i Forsøg 1 og Forsøg 2.

Forsøg-1		Forsøg-2	
Foderbehandling	Gentagelser (n) ¹	Foderbehandling	Gentagelser (n) ¹
Sojaskrå-1	15	Sojaskrå-2	16
Hestebønne	15	Sojaskrå-3	15
Rapsskrå	16	Afskallet hestebønne	13
Ærter	15	Solsikkekrå	15
N-Frit foder	18	N-Frit foder	20

¹ Antal gentagelse svarer til antal fordøjelighedsbestemmelser af et fodermiddel, dvs. den målte fordøjelighed i en opsamlingsperiode.

Der indgik 11 grise i hvert af de to forsøg (22 grise i alt), hvor der for hver gris blev gennemført op til otte bestemmelser af tilsyneladende fordøjelighed og basal endogent tab for råprotein og aminosyrer. Forud for forsøget fik hver gris indopereret en fistel (T-cannula) i den bagerste del af grisens tyndtarm (ileum), som muliggjorde opsamling af tarmindehold til fordøjelighedsbestemmelse (**Figur 1**).



Figur 1. Billeder af fordøjelighedsstald, fistuleret gris og fistuleret gris ifm. opsamling af ileumindhold vha. plastpose påsat på fistel.

Grisene blev vænnet til forsøgsfoderet i fem dage (tilvænnning), hvorefter der blev opsamlet tarmindehold vha. den indsatte fistel i ni timer pr. dag i to dage (opsamling). Opsamlingen foregik ved påsætning af plastposer på fistlen, som blev tømt minimum hver halve time (Se **Figur 1**). Den samlede periode på syv dage (fem dages tilvænnning og to dages opsamling) blev gentaget op til otte gange pr. gris, hvilket betød, at grisene kunne indgå i forsøg i op til 56 dage. Råvarenes fordøjeligheder og basal endogent tab (målt vha. N-frit foder) blev bestemt på baggrund af det målte indhold af protein og aminosyrer og den tilsatte fordøjelighedsmarkør (Yttrium) i foder og opsamlet tarmindehold.

Beregninger og statistik

Standardiserede ileale fordøjeligheder (SID) af protein og aminosyrer blev bestemt på baggrund bestemte tilsyneladende fordøjeligheder (AID), som herefter korrigeret for det basale endogene tab ved ileum (BETi). Til korrektion af de målte fordøjeligheder blev der anvendt gennemsnitlige værdier for det basale endogene tab ved ileum på baggrund af bestemmelserne gennemført i Forsøg-1 (n=18) og Forsøg-2 (n=20), samt i et tidligere forsøg gennemført i SEGES Innovation (n=7). Ligninger til beregning af SID råprotein og aminosyrer for de otte råvarer er vist i **Appendiks 1**.

I den statistiske analyse af SID af protein og aminosyrer indgik foderbehandling og grisens vægt indenfor hver foderbehandling som faste effekter og gris og periode som tilfældige effekter. Flere detaljer vedrørende statistik er angivet i **Appendiks 1**.

Resultater

Forsøgets overordnede resultater er vist og beskrevet nedenfor i dette afsnit. Derudover er alle resultaterne samlet og vist tabeller og figurer i **Appendiks 2 til 10**. **Tabel 2** viser en oversigt over alle resultaterne vist i **Appendiks 2 til 10**.

Tabel 2. oversigt over resultater vist i **Appendiks 2 til 10**.

Appendiks	Beskrivelse
2	Råvarernes næringsstofindhold
3	Foderblandingernes råvaresammensætning
4	Foderblandingernes næringsstofindhold
5	Næringsstofindhold i ileumindhold
6	Basale endogen tab af protein og aminosyrer
7	Tilsyneladende ileale fordøjeligheder (AID) af råvarer
8	Standardiserede ileale fordøjeligheder (SID) af råvarer
9	SID råprotein og aminosyrer ift. grisens vægt ved bestemmelsestidspunkt
10	Markørtype og fordøjelighed

Basalt endogent tab ved ileum (BETi)

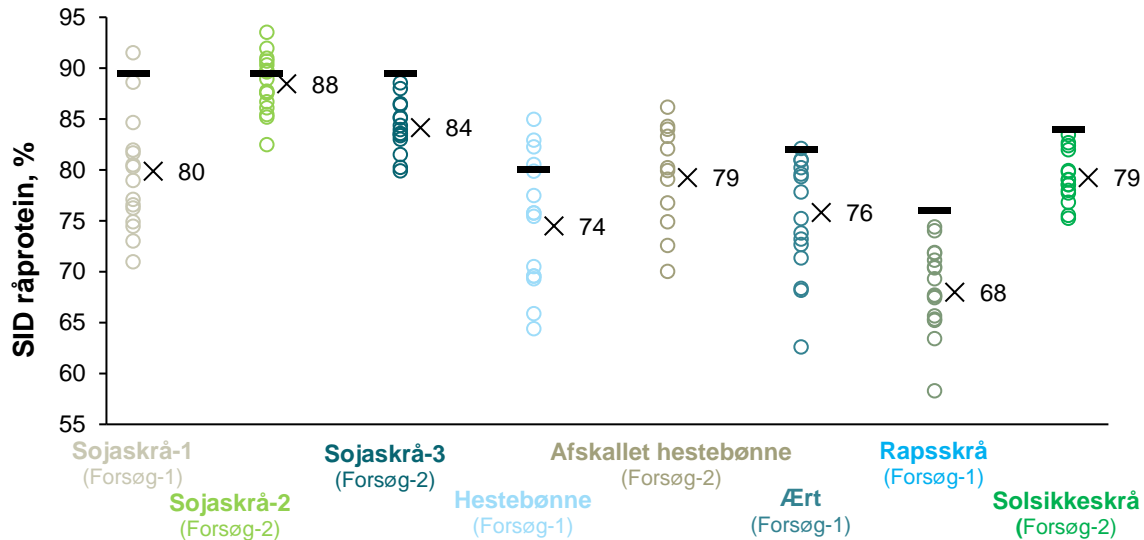
Grisenes basale endogene tab af protein og aminosyrer blev bestemt for at kunne korrigere de målte tilsyneladende ileale fordøjeligheder til SID for råprotein og aminosyrer. Det gennemsnitlige basale endogene tab af protein på tværs af Forsøg-1 (n=18), Forsøg-2 (n=20), samt et tidligere pilotforsøg var 21,0 g protein pr. kg tørstof indtag.

Standardiseret ileal fordøjelighed (SID) af protein og aminosyrer

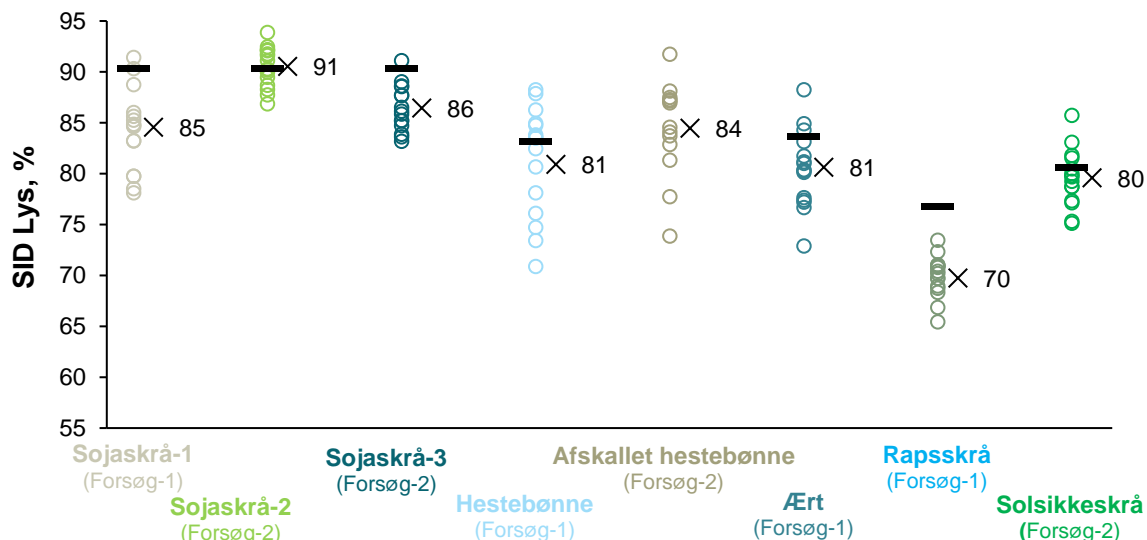
De standardiserede ileale fordøjeligheder af råprotein og lysin for de otte råvarer er vist i **Figur 2** og **Figur 3**. De individuelle fordøjelighedsbestemmelser for SID for protein og lysin for de otte råvarer er vist med cirkler, og gennemsnittet for hver af de otte råvarer er illustreret med krydser. Til sammenligning er fodermidternes nuværende tabelværdier fra SEGES Innovations Fodermiddeltabel illustreret med en vandret sort streg.

Standardiserede ileale fordøjeligheder af råprotein var 80 % i sojaskrå-1, 88 % i sojaskrå-2 og 84 % i sojaskrå-3. I de fem andre råvarer var SID råprotein 74 % i hestebønne, 79 % i afskallet hestebønne, 76 % i ærter, 68 % i rapsskrå og 79 % i solsikkekrå. Niveauet for de bestemte SID råprotein var i gennemsnit 5,8 %-point lavere end de nuværende tabelværdier i SEGES Innovations Fodermiddeltabel.

Standardiserede ileale fordøjeligheder af lysin var 85 % i sojaskrå-1, 91 % i sojaskrå-2 og 86 % i sojaskrå-3. Til sammenligning var var SID lysin 81 % i hestebønne, 84 % i afskallet hestebønne, 81 % i ærter, 70 % i rapsskrå og 80 % i solsikkekrå. Niveaulet for de bestemte SID lysin var i gennemsnit 3,3 %-point lavere end de nuværende tabelværdier i SEGES Innovations Fodermiddeltabel.



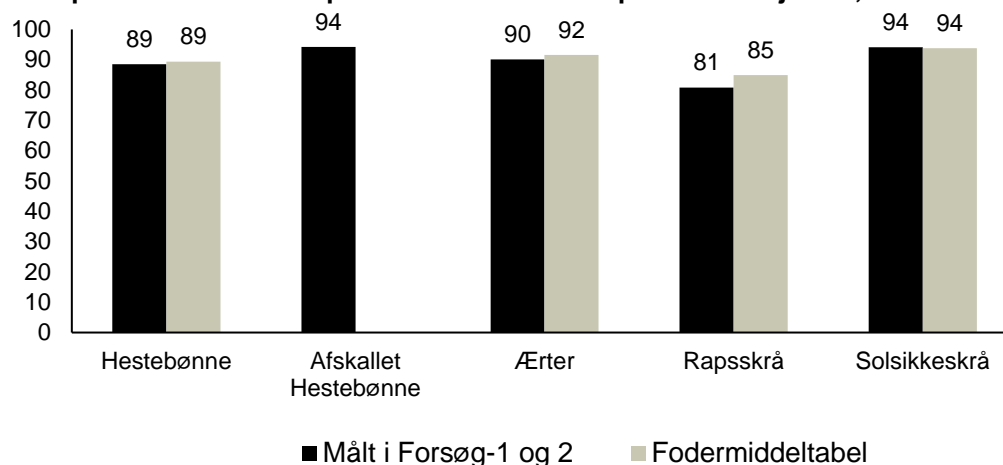
Figur 2. Standardiserede ileale fordøjeligheder (SID) af råprotein for de 8 råvarer, der indgik i Forsøg-1 og Forsøg-2. Individuelle fordøjelighedsbestemmelser er vist med cirkler, gennemsnitlig fordøjelighed er vist med kryds og tabelværdier fra SEGES Innovations Fodermiddeltabel er vist med vandret streg.



Figur 3. Standardiserede ileale fordøjeligheder (SID) af lysin for de 8 råvarer, der indgik i Forsøg-1 og Forsøg-2. Individuelle fordøjelighedsbestemmelser er vist med cirkler, gennemsnitlig fordøjelighed er vist med kryds og tabelværdier fra SEGES Innovations Fodermiddeltabel er vist med vandret streg.

Det relative forhold mellem SID råprotein for de alternative proteinkilder og den gennemsnitlige fordøjelighed af de tre partier af sojaskrå er vist i **Figur 4**. Figuren viser samtidig tilsvarende værdier fra Fodermiddeltabellen. Den målte SID råprotein i forhold til sojaskrå var 89 % for hestebønner, 90 % for ærter, 81 % for rapsskrå og 94 % for solsikkekrå. Den største forskel mellem målte værdier og tabelværdier blev observeret for rapsskrå (81 % vs. 85 %).

SID råprotein af alternativ protein relativ til SID råprotein af sojaskrå, %

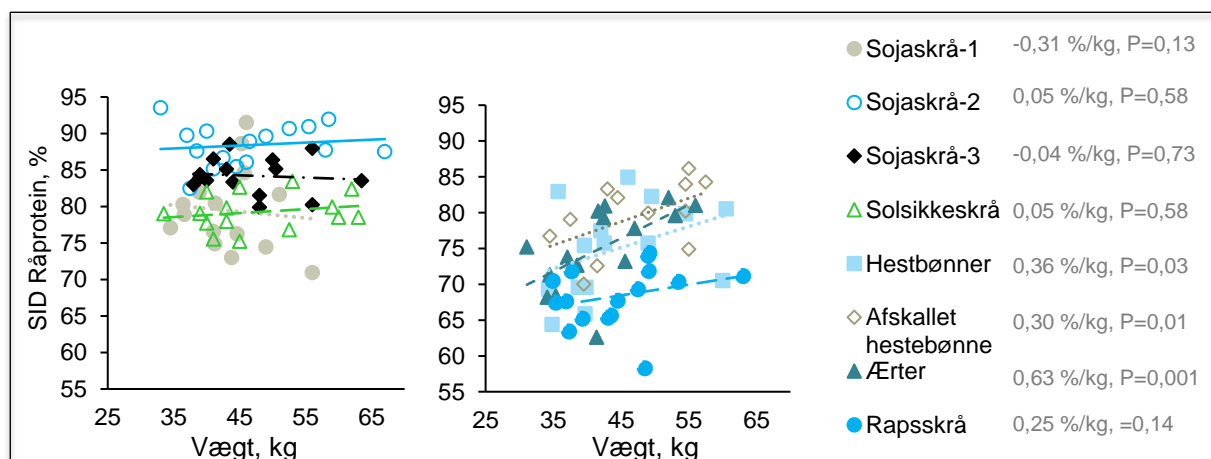


Figur 4. Relative forhold mellem SID råprotein for alternative proteinkilder og den gennemsnitlige SID råprotein for de 3 partier af sojaskrå (Forsøg-1 og 2). Tabelværdier fra Fodermiddeltabelen for tilsvarende forhold er taget med til sammenligning. Der er ikke fordøjelighedsværdier for afskallet hestebønne i SEGES Innovations Fodermiddeltabel.

Vægt og fordøjelighed

Grisenes vægt ved indgangen til første og sidste opsamlingsperiode var henholdsvis 36 og 57 kg i Forsøg-1 og henholdsvis 38 og 64 kg i Forsøg-2. Grisenes gennemsnitsvægt over alle otte perioder var 43,6 kg i Forsøg-1 og 46,9 kg i Forsøg-2. Gennemsnitsvægtene repræsenterer grisenes vægt ved bestemmelsestidspunktet for fordøjeligheder af de otte råvarer, mens grisenes vægt ved opsamling til bestemmelse af BETi ikke er medtaget. Sammenhængene mellem grisens vægt ved tidspunktet for fordøjelighedsbestemmelsen og den målte SID råprotein i de otte råvarer i Forsøg-1 og Forsøg-2 er vist i **Figur 5**.

I vægtintervallet fra omkring 40 til 60 kg steg SID råprotein 0,36 %-point pr. kg for hestebønne ($P=0,03$), 0,30 %-point pr. kg for afskallet hestebønne ($P=0,01$) og 0,63 %-point pr. kg for ærter ($P=0,001$). Det blev ikke fundet en effekt af grisens vægt på SID råprotein af sojaskrå-1, sojaskrå-2, sojaskrå-3, solsikkeskrå, og rapsskrå ($P>0,05$).



Figur 5. Sammenhæng mellem standardiseret ileal fordøjelighed (SID) af råprotein i forhold til grisens vægt ved prøveopsamling for de 8 råvarer, der indgik i Forsøg-1 og Forsøg-2. Hældningen er vist som ændring i %-point pr. kg gris (grå tekst) i forhold til grisenes gennemsnitlige SID i Forsøg-1 (gennemsnitsvægt var 43,6 kg i Forsøg-1 og 46,9 kg i Forsøg-2). P-værdi mindre end 0,05 indikerer, at hældningen er forskellig fra 0,00 %-point pr. kg.

Partikelstørrelsesfordeling af formalede råvarer

Den gennemsnitlige partikelstørrelse i de formalede råvarer er vist i **Tabel 3**. Den gennemsnitlige partikelstørrelse var 897 µm i Forsøg-1, hvor råvarerne var formaleet på 3,5 mm pladesold, og 808 µm i Forsøg-2, hvor råvarerne var formaleet på 2,5 mm pladesold. Der blev dermed fundet en forskel på omkring 100 µm ved at ændre fra 3,5 til 2,5 mm sold. Partikelstørrelsen af råvarer formaleet med samme soldstørrelse varierede fra 655 til 1031 µm i Forsøg-1 og fra 583 til 940 µm i Forsøg-2.

Tabel 3. Fordeling af partikelstørrelsen i formalede råvarer (vha. elektrisk Retsch-sigte i 8 minutter).

	Forsøg-1 ²				Forsøg-2 ³			
	Soja-skrå-1	Heste-bønne	Raps-skrå	Ærter	Soja-skrå-2	Soja-skrå-3	Afskallet Heste-bønne	Solsikke-skrå
Partikelfordeling, %								
0-500 µm	20	28	43	25	23	25	28	53
500-1000 µm	42	30	41	28	45	47	28	34
1000-2000 µm	37	39	16	42	32	28	44	13
2000-3150 µm	1	3	0	5	0	0	0	0
>3150 µm	0	0	0	0	0	0	0	0
Procent under 1 mm	62	58	84	53	68	72	56	87
Partikelstørrelse, µm ¹	946	957	655	1031	875	835	940	583
Partikelstørrelse, µm ¹	897				808			

¹ Partikelstørrelsen blev beregnet under antagelse af en gennemsnitsdiameter på: 250 µm for 0-500 µm-fraktionen; 750 µm for 500-1000 µm-fraktionen; 1500 µm for 1000-2000 µm-fraktionen; 2575 µm for 2000-3150 µm-fraktionen; og 3150 µm for 3150 µm-fraktionen.

² Formaleet på hammermølle med 3,5 mm pladesold

³ Formaleet på hammermølle med 2,5 mm pladesold

Diskussion

Grisens basale endogene tab af protein og aminosyrer ved ileum (BETi)

Der var god overensstemmelse mellem BETi af råprotein og aminosyrer målt i tre forsøg fra SEGES Innovation, selvom der var en smule forskel i de absolutte niveauer, hvor niveauet af BETi af råprotein f.eks. varierede fra 18,2 til 23,7 g/kg tørstof.

Gennemsnitlig BETi af råprotein for de tre forsøg fra SEGES Innovation (n=45) var 21,0 g/kg tørstof. Til sammenligning var den gennemsnitlige BETi af råprotein fra 14 publicerede studier fra litteraturen på et sammenligneligt niveau med 19,3 g/kg tørstof. Der var ligeledes god overensstemmelse mellem BETi af individuelle aminosyrer målt i tre forskellige SEGES Innovation forsøg og i de samme 14 publicerede studier. Dog var det gennemsnitlige niveau af BETi for aminosyrerne 20 % lavere end niveauet fra de tre SEGES Innovation forsøg. Der er ikke nogen umiddelbar forklaring på denne forskel, men den gode overensstemmelse for de tre SEGES Innovation forsøg kunne indikere, at årsagen er metoderelateret.

På baggrund af god overensstemmelse mellem BETi værdier fra de tre SEGES Innovation forsøg og mellem SEGES Innovation forsøg og litteraturværdier, blev de vægtede gennemsnitsværdier af det BETi af råprotein og aminosyrer fra SEGES Innovation forsøg anvendt til beregning af SID værdier for de otte råvarer, der indgik i Forsøg-1 og Forsøg-2.

Standardiseret ileal fordøjelighed (SID) af protein og aminosyrer

Råvarer – Sojaskrå og alternativer til sojaskrå

For begge forsøg var de målte SID for råprotein og aminosyrer generelt lavere end de nuværende tabelværdier i SEGES Innovations Fodermiddeltabel. Forskellen mellem tabelværdierne og de to

forsøg og var størst for råprotein og mindst for lysin. Fordøjelighedsbestemmelser påvirkes af en lang række faktorer, f.eks. råvarens kvalitet, forsøgsmetode og dyrenes vægt, som kan være medvirkende til de observerede forskelle mellem tabelværdier og fordøjelighederne bestemt i nærværende forsøg.

Fordøjelighederne af de testede partier af sojaskrå viste stor forskel mellem partierne og illustrerer, at fordøjeligheden kan være betydelig lavere end forventet for nogle partier af sojaskrå og at kvaliteten af sojaskrå kan variere relativt meget (80-88 % SID råprotein). Varmeskade i forbindelse med processering af sojaskrå kan være en kilde til variation i fordøjelighed imellem forskellige partier, hvor temperatur, fugtighed og påvirkningernes varighed kan resultere i reduktioner i SID af råprotein på op til 20 %-point i de ekstreme tilfælde i kontrollerede forsøg [13-15].

Udover en korrekt vurdering af de absolutte fordøjeligheder, er det, som nævnt, også vigtigt, at fodermidlerne er korrekt vurderet i forhold til sojaskrå. Dette skyldes, at normer for protein og aminosyrer er baseret på forsøg med forskellige niveauer af protein med sojaskrå som primær kilde, hvilket betyder, at sojaskrå er et referencefodermiddel ved optimering af foderblandinger. Det betyder, at hvis en råvares protein- og aminosyrefordøjelighed er overvurderet ift. sojaskrå, så vil grisene få mindre protein og aminosyrer end forventet, når sojaskrå udskiftes med denne råvare i forbindelse med foderoptimering. Dette vil reducere tilvækst og foderudnyttelse. Omvendt vil en råvare, hvor protein- og aminosyrefordøjelighed er undervurderet i forhold til sojaskrå, betyde, at grisene vil få mere protein og aminosyrer end forventet og forøge foderblandingsens pris.

Ved at se på de alternative proteinråvarers fordøjeligheder i forhold til gennemsnittet af de tre partier af sojaskrå, tages der højde for de eventuelle forskelle, som skyldes det generelle niveau i de to forsøg (parallelforskydninger). Resultaterne fra Forsøg-1 og Forsøg-2 viste, at det relative forhold mellem SID råprotein af alternative proteinkilder og SID råprotein for sojaskrå (gennemsnit af de tre partier) stemte overens med de tilsvarende forhold fra tabelværdier for hestebønner (89 % vs. 89 %) og solsikkekrå (94 % vs. 94 %, **Figur 3**). Forholdet mellem SID råprotein i ærter og i sojaskrå var en smule lavere (90 %) end tilsvarende forhold fra tabelværdier (92 %). Forskellen var størst for rapsskrå, hvor forholdet til råprotein blev bestemt til 81 % sammenlignet med 85 % i Fodermiddeltabellen. Ud fra disse forsøg, tyder det på, at tabelværdierne for rapsskrå er overvurderet med omkring 3-4 %-point. Tidligere produktionsforsøg med rapsskrå til smågrise og slagtegrise har vist forringet foderudnyttelse ved en iblandingsprocent af rapsskrå på over 15 %, men hvor foderoptaget kun var forringet i nogle tilfælde [16, 17]. Disse resultater kan være et udtryk for, at fordøjeligheden af rapsskrå har været overvurderet. Der indgik som nævnt kun et enkelt parti rapsskrå i forsøget, og forskellen kan derfor også være et udtryk for en stor variation i kvaliteten af rapsskrå, som det blev observeret i de tre partier af sojaskrå. Processering af rapsskråen kan formentlig påvirke råvarens kvalitet, hvor f.eks. risiko for varmeskade kan være kilde til variation i fordøjelighed imellem forskellige partier.

Afskallede hestebønner havde en SID råprotein og essentielle aminosyrer, som var ca. 5 %-point højere end hestebønner med skaller, hvilket indikerer, at afskalning øger protein- og aminosyrefordøjeligheden. De afskallede hestebønner i Forsøg-2 var ikke produceret af det samme parti hestebønner, som indgik i Forsøg-1. Derfor er det ikke muligt at konkludere, at afskalningen alene forårsagede den målte forskel på 5 %-point.

Faktorer, der påvirker fordøjeligheden

Fordøjelighedsbestemmelser påvirkes af en lang række af forskellige faktorer, hvoraf nogle kan forklares af forsøgsspecifikke forhold. Grisenes vægt, råvarernes formalingsgrad, den anvendte foderstyrke og type af fordøjelighedsmarkør er alle eksempler på faktorer, som kan have betydning for fordøjelighedsbestemmelsernes niveau. Betydningen af disse forhold vil blive diskuteret nedenfor.

Vægt og fordøjelighed

I hestebønner, afskallede hestebønner og ærter steg SID råprotein med omkring 0,3 til 0,6 %-point pr. kg forøgelse i grisens vægt i vægtintervallet fra omkring 40 kg til 60 kg. Dette betyder, at SID råprotein og aminosyrer i hestebønner, afskallede hestebønner og ærter steg med omkring 6 til 12 %-point gennem forsøgsperioden.

Grisens vægt påvirkede ikke fordøjeligheden af sojaskrå og solsikkekrå og havde mindre betydning for fordøjeligheden af rapsskrå. Disse råvarer er alle biprodukter fra olieproduktion, som ved indkøb allerede har været udsat for betydelig fysisk og kemisk processering, hvilket kan være en forklaring på, at fordøjeligheden ikke steg i takt med grisens vægt og forbedrede evne til at fordøje foder. Varmebehandling kan både have en negativ effekt på fordøjelighed, men også forbedre proteinfordøjelighed f.eks. via påvirkning af proteinernes struktur, som gør proteinet mere tilgængeligt for grisene.

Formalingsgrad og fordøjelighed

Den gennemsnitlige partikelstørrelse blev reduceret med omkring 100 µm ved at gå fra en soldstørrelse ved formaling på 3,5 mm til 2,5 mm. Til sammenligning viste et tidligere forsøg, at den gennemsnitlige partikelstørrelse af kornbaseret foder blev reduceret med 219 µm (957 til 738 µm) ved at reducere soldstørrelsen fra 3,5 mm til 2,2 mm [18]. Variationen i den gennemsnitlige partikelstørrelse mellem forskellige råvarer formalet med samme soldstørrelse varierede fra 655 til 1031 µm ved 3,5 mm sold (Forsøg-1) og fra 583 til 940 µm ved 2,5 mm sold (Forsøg-2). Dette illustrerer forskellen mellem råvaretyper og vigtigheden i at bestemme partikelstørrelse.

Tidligere forsøg har vist forskellige resultater for partikelstørrelsens/formalingsgradens betydning for den ileale fordøjelighed af protein og aminosyrer [19, 20]. Fastinger og Maham, (2004) fandt, at SID af essentielle aminosyrer blev forøget ved at reducere partikelstørrelsen fra 900 til 185 µm, men at den største forskel blev opnået ved at gå fra 900 til 600 µm [21]. Derfor har det betydning, hvilke partikelstørrelser, der undersøges, hvilket i nogle tilfælde kan forklare, at ikke alle studier finder sammenhænge mellem partikelstørrelse og SID af aminosyrer [22, 23].

En litteraturgennemgang af fordøjeligheder og partikelstørrelser på tværs af ni forsøg samlet viser, at den ileale proteinfordøjelighed steg fra 74,7 % til 80,2 % ved gå fra grov formaling og en partikelstørrelse på omkring 800 µm til fin formaling og en partikelstørrelse på omkring 500 µm [20]. Resultaterne fra de ni forsøg er vist i **Appendiks 11**. På tværs af de forskellige fodermidler og forsøg svarer det til, at SID råprotein øges med omkring 1,8 %-point pr. 100 µm reduktion i gennemsnitlig partikelstørrelse.

Foderstyrke og fordøjelighed

Foderstyrke i Forsøg-1 og 2 blev fastsat ud fra ønsket om tilnærmet ad libitum og samtidig minimale mængder foderrester og beregnet som ca. 43 g pr. kg kropsvægt pr. dag. Foderstyrken i hver forsøgsperiode (syv dage) blev fastsat ud fra grisens vægt i den forudgående uge. Den gennemsnitlige foderstyrke var 1,7 kg tørstof pr. dag i gennemsnit over forsøgsperioden. Foderstyrken i ileale fordøjelighedsforsøg er typisk fastsat som tre gange energibehovet til vedligehold, hvilket svarer til en foderstyrke på omkring 1,4 kg tørstof for Forsøg-1 og 2. Moter og Stein (2004) undersøgte foderstyrkens betydning for den ileale fordøjelighed og fandt, at SID råprotein og aminosyrer blev reduceret med 2,4 %-point pr. kg ekstra tørstof indtag [24]. En forskel i foderstyrken på 0,3 kg tørstof pr. dag (1,7-1,4 kg tørstof pr. dag) svarer til en gennemsnitlig forskel i SID råprotein og aminosyrer på 0,7 %-point.

En gennemsnitlig slagtegris (2023) havde en daglig tilvækst på 1.054 g pr. dag, en foderudnyttelse på 2,64 FEsv pr. kg tilvækst og en daglig foderstyrke på 2,78 FEsv pr. dag. Til sammenligning havde en

gennemsnitlig slagtegris i 1992 en daglig tilvækst på 698 g pr. dag og en foderudnyttelse på 3,01 FEsv pr.kg tilvækst ved en daglig foderoptagelse på 2,10 FEsv pr. dag. Foderoptagelsen er altså øget med 0,68 FEsv pr. dag over de seneste 31 år, svarende til ca. 0,56 kg tørstof. Den øgede foderstyrke kan således potentielt set have reduceret fordøjeligheden med 1,3 %-point i denne periode (2,4 %-point pr. kg tørstof × 0,56 kg tørstof).

Markørtype og fordøjelighed

Som nævnt, har typen af fordøjelighedsmarkør tilsat til forsøgsfoderet betydning for fordøjelighedsbestemmelser. Baggrunden for at anvende Yttrium som fordøjelighedsmarkør i de nærværende forsøg beskrives nedenfor, og tørstoffordøjeligheder bestemt med forskellige markørtyper på de samme prøver anvendes til vurdering af de forskellige markører. Resultaterne er desuden illustreret i **Appendiks 10**.

Titanium (Ti) har været en hyppigt anvendt fordøjelighedsmarkør hos grise. I 2022 kom der i EU et forbud mod anvendelse af Titaniumdioxid i fødevarer og foder, hvorfor Yttrium (Y) og syreopløselig aske (AIA - tilsat i form af Celite) blev udvalgt som de foretrukne markørtyper til fordøjelighedsforsøg. Yttrium og AIA er velkendte og hyppigt anvendte markører i fordøjelighedsforsøg. Yttrium er mest anvendt i forsøg med fiskeopdræt, mens AIA er en velkendt markør til fordøjelighedsforsøg med grise. Derfor blev disse markører valgt som alternativer til titanium.

Efterfølgende blev der givet mulighed for dispensation til anvendelse af Ti i forsøgsregi under særlige forudsætninger. Derfor er der i gennemførte forsøg samlet data for alle tre markørtyper (Y, Ti og AIA), hvor markørerne er blevet sammenlignet i forskellige kombinationer. Sammenligningerne af markørerne er gennemført i to ileale fordøjelighedsforsøg og i to fækale fordøjelighedsforsøg med total opsamling (opsamling af alt gødning) samt opsamling direkte fra endetarm (direkte opsamling).

Sammenligning af tørstoffordøjeligheden bestemt med forskellige markører målt på de samme prøver, er en metode til sammenligning af forskellige markører, da forholdet mellem indholdet af markør i foder og i output (gødning, ileumindhold) er et udtryk for blandingens tørstoffordøjelighed. Sammenligning af tørstoffordøjeligheder bestemt med Y, Ti og AIA blev derfor gennemført på forskellige prøver fra forskellige forsøg.

Ved sammenligning af Y og Ti var tørstoffordøjeligheden, bestemt med Y som markør, højere end ved brug af Ti som markør i et forsøg (0,6 %-point højere), på samme niveau i et andet forsøg (forskul på 0,0 %-point) og lavere i et tredje forsøg (1,9 %-point lavere). Ved sammenligning af Y og AIA, var tørstoffordøjeligheden, bestemt med Y som markør, lavere end ved brug af AIA som markør i to ud af fem eksempler (0,4 og 2,2 %-points forskel). I de tre andre eksempler var tørstoffordøjeligheden med Y som markør højere end ved brug af AIA som markør (0,3; 1,2 og 1,4 %-points forskel). På tværs af alle resultaterne var der god sammenhæng mellem forholdet for tørstoffordøjelighed bestemt med Y og Ti som markører ($R^2 = 0,94$) og med Y og AIA som markør ($R^2 = 0,84$). Samlet set viser resultaterne, at Yttrium giver fordøjelighedsbestemmelser på niveau med AIA og Ti, som traditionelt set er blevet anvendt i griseforsøg. Dermed er der ikke nogen indikationer på, at én af de tre testede markører giver mere sikre resultater end de to andre.

Yttrium er kendetegnet ved, at det tilsættes til foderet i relativ små mængder (ca. 0,04 %) for at opnå analyseresultater med tilstrækkelig sikkerhed. Titanium er kendetegnet ved, at det tilsættes i moderate mængder (ca. 0,2 %). En ulempe ved Ti er, at den kemiske analyse forberedes ved, at alt Ti gøres opløselig i en proces, hvor der bl.a. anvendes floursyre. Dette indebærer særlige arbejdsmiljømæssige foranstaltninger, som besværliggør den kemiske analyse. Syreopløseligt aske (AIA) er kendetegnet ved, at det tilsættes i relativt høje koncentrationer (ca. 1 %) for at kunne analyseres med tilstrækkelig sikkerhed. Høje iblandingskoncentrationer kan være et forstyrrende

element for fordøjeligheden og de kemiske analyser. Fordelen ved AIA er, at det er tilladt som et fodertilsætningsstof til grise, hvorfor grise kan anvendes til konsum ved anvendelse af AIA. Samlet set er Yttrium en markør af god kvalitet ved lav iblandingskoncentration, relativ nem at analysere, og forventes derfor at være den foretrukne markør i fremtidige fordøjelighedsforsøg.

Konklusion

Resultaterne fra to fordøjelighedsforsøg med sojaskrå og alternative proteinkilder viste, at SID råprotein og aminosyrer i sojaskrå kan variere betydelig mellem batch (80-88 % SID råprotein). Fordøjelighederne af protein og aminosyrer var ca. 5 %-point højere i afskallede hestebønner end for hestebønner med skaller, som dog ikke var direkte sammenlignelige, da det var to forskellige partier.

De bestemte fordøjeligheder af råprotein og aminosyrer (SID) var generelt set lavere end de tilsvarende tabelværdier fra SEGES Innovations Fodermiddeltabel. Formalingsgrad, foderstyrke, grisenes vægt og varmeskade ved processering, er parametre, som påvirker fordøjelighedsbestemmelser, og forskelle mellem nærværende forsøg og de forsøg, som danner baggrund for tabelværdier kan forklare noget af den observerede forskel.

Fordøjeligheden af råprotein og aminosyrer (SID) i hestebønner, afskallede hestebønner og ærter steg i takt med grisenes vægt (omkring 0,3-0,6 %-point pr. kg), mens fordøjelighederne for sojaskrå, solsikkekrå, og rapsskrå var upåvirket af grisens vægt.

På baggrund af disse resultater og gennemgang af nyere litteratur, vil der i 2025 blive taget stilling til, hvordan resultaterne skal implementeres i SEGES Innovations Fodermiddeltabel

Deltagere

Tekniker: Per Mark Hagelskjær, Lasse Nørskov Møller

Øvrig information

Afprøvning nr. 1917 og 1934

NAV nr.: 10-1441

Journalnummer på dyreforsøgstilladelse (hvor relevant): 2023-15-0201-01412

Besætningen/besætningerne, som denne afprøvning er gennemført i, er godkendt i DANISH-ordningen i 2023.

//JAHP//

Referencer

1. SEGES_Innovation, (2023). *Fodermiddeltabellen*. SEGES Innovation, https://svineproduktion.dk/Viden/Paa-kontoret/Oekonomi_ledelse/Beregningsvaerktoejer/Fodervaerktoejer.
2. Grove, S.S. and N.M. Sloth, (2023). *Næringsindhold i korn fra høsten 2023*. SEGES Innovation, Notat 2328.
3. Pedersen, C. and S. Boisen, (2002). *Establishment of Tabulated Values for Standardized Ileal Digestibility of Crude Protein and Essential Amino Acids in Common Feedstuffs for Pigs*. Acta Agriculturae Scandinavica, **Section A - Animal Science**: p. 121-140.
4. Just, A., et al., (1983). *Forskellige foderstoffers kemiske sammensætning, fordøjelighed, energi- og proteinværdi til svin (The chemical composition, digestibility, energy and protein value of different feedstuffs for pigs)*. Report No. 556 from the National Institute of Animal Science.
5. Fuller, M.F., et al., (1989). *Varietal differences in the nutritive value of cereal grains for pigs*. The Journal of Agricultural Science, **113**(2): p. 149-163.
6. Patience, J.F., M.C. Rossoni-Serao, and N.A. Gutierrez, (2015). *A review of feed efficiency in swine: biology and application*. Journal of Animal Science and Biotechnology, **6**.
7. Tybirk, P., et al., (2006). *Det danske fodervurderingssystem til svinefoder*. Danks Svineproduktion.
8. Hansen, A.G. and E. Thorsen, (1996). *Rapport over E-kontrollens resultater - oktober 1996*. Landsudvalgtet for svin, Dansk Landbrugsrådgivning, Landscenteret, Svin, **Notat 9650**.
9. Vinther, J., (2023). *Lands gennemsnit for produktivitet i produktionen af grise i 2022*. SEGES Innovation, Notat 2315.
10. Tybirk, P., et al., (2024). *Normer for næringsstoffer (English: Nutrient recommendations)*. SEGES Svineproduktion.
11. Sloth, N.M., et al., (2022). *Syv protein- og fem aminosyreniveauer i foder til slagtegrise*. SEGES Innovation, **Meddelelse nr. 1262**.
12. Sloth, N.M., et al., (2022). *Fire protein- og fem aminosyreniveauer i foder til smågrise*. SEGES Innovation, **Meddelelse nr. 1263**.
13. Kim, J.C., B.P. Mullan, and J.R. Pluske, (2012). *Prediction of apparent, standardized, and true ileal digestible total and reactive lysine contents in heat-damaged soybean meal samples 1*. Journal of Animal Science, **90**(suppl_4): p. 137-139.
14. González-Vega, J.C., et al., (2011). *Amino acid digestibility in heated soybean meal fed to growing pigs 1*. Journal of Animal Science, **89**(11): p. 3617-3625.
15. Oliveira, M.S.F., et al., (2020). *Concentrations of digestible and metabolizable energy and amino acid digestibility by growing pigs may be reduced by autoclaving soybean meal*. Animal Feed Science and Technology, **269**: p. 114621.
16. Hansen, C.F., (2000). *Stigende mængder rapsskrå til slagtesvin*. SEGES, Svineproduktion (Meddelelse nr. 463): p. 10.
17. Maribo, H., (2010). *Smågrisefoder tilsat 15% rapskage eller -skrå*. SEGES, Svineproduktion (Meddelelse nr. 890): p. 10.
18. Vils, E. and H.M. Sommer, (2021). *Vejledende sigteprofil i hjemmebladet foder ved forskellige sigte- og foralingsmetoder*. Meddelelse 1225, SEGES svineproduktion.
19. Lancheros, J.P., C.D. Espinosa, and H.H. Stein, (2020). *Effects of particle size reduction, pelleting, and extrusion on the nutritional value of ingredients and diets fed to pigs: A review*. Animal Feed Science and Technology, **268**: p. 114603.
20. Flis, M., W. Sobotka, and C. Purwin, (2014). *Effect of feed structure on nutrient digestibility, growth performance, and gastrointestinal tract of pigs—A review*. Annals of Animal Science, **14**(4): p. 757-768.
21. Fastinger, N.D. and D.C. Mahan, (2003). *Effect of soybean meal particle size on amino acid and energy digestibility in grower-finisher swine*. J Anim Sci, **81**(3): p. 697-704.
22. Ibagón, J.A., et al., (2024). *Influence of particle size and origin of field peas on apparent ileal digestibility of starch and amino acids and standardized ileal digestibility of amino acids when fed to growing pigs*. Transl Anim Sci, **8**: p. txae008.
23. Rojas, O.J. and H.H. Stein, (2015). *Effects of reducing the particle size of corn grain on the concentration of digestible and metabolizable energy and on the digestibility of energy and nutrients in corn grain fed to growing pigs*. Livestock Science, **181**: p. 187-193.
24. Moter, V. and H.H. Stein, (2004). *Effect of feed intake on endogenous losses and amino acid and energy digestibility by growing pigs*. J Anim Sci, **82**(12): p. 3518-25.

25. Stein, H.H., C.F. Shipley, and R.A. Easter, (1998). *Technical note: a technique for inserting a T-cannula into the distal ileum of pregnant sows*. J Anim Sci, **76**(5): p. 1433-6.
26. Rho, Y., et al., (2017). *Standardized ileal digestible amino acids and digestible energy contents in high-protein distiller's dried grains with solubles fed to growing pigs*¹. Journal of Animal Science, **95**(8): p. 3591-3597.
27. Kim, B.G., et al., (2020). *At least 3 days of adaptation are required before indigestible markers (chromium, titanium, and acid insoluble ash) are stabilized in the ileal digesta of 60-kg pigs, but values for amino acid digestibility are affected by the marker*. J Anim Sci, **98**(2).
28. McGhee, M.L. and H.H. Stein, (2018). *Apparent and standardized ileal digestibility of AA and starch in hybrid rye, barley, wheat, and corn fed to growing pigs*. J Anim Sci, **96**(8): p. 3319-3329.
29. Oliveira, M.S.F., J.K. Htoo, and H.H. Stein, (2020). *The direct and difference procedures result in similar estimates for amino acid digestibility in feed ingredients fed to growing pigs*. J Anim Sci, **98**(8).
30. Navarro, D.M.D.L., et al., (2018). *Amino acid digestibility in six sources of meat and bone meal, blood meal, and soybean meal fed to growing pigs*. Canadian Journal of Animal Science, **98**(4): p. 860-867.
31. Fanelli, N.S., et al., (2022). *Digestible indispensable amino acid score (DIAAS) is greater in animal-based burgers than in plant-based burgers if determined in pigs*. Eur J Nutr, **61**(1): p. 461-475.
32. Espinosa, C.D., et al., (2021). *Long-term steam conditioning is needed to maximize the nutritional value of expander-processed soybean expellers*. Canadian Journal of Animal Science, **101**(4): p. 704-714.
33. Clark, A.J., et al., (2022). *Shiitake mycelium fermentation improves digestibility, nutritional value, flavor and functionality of plant proteins*. LWT, **156**: p. 113065.
34. Casas, G.A., et al., (2018). *Ileal digestibility of amino acids in selected feed ingredients fed to young growing pigs*. J Anim Sci, **96**(6): p. 2361-2370.
35. Stein, H.H., et al., (2005). *Additivity of values for apparent and standardized ileal digestibility of amino acids in mixed diets fed to growing pigs*. J Anim Sci, **83**(10): p. 2387-95.
36. Zhai, H. and O. Adeola, (2011). *Apparent and standardized ileal digestibilities of amino acids for pigs fed corn- and soybean meal-based diets at varying crude protein levels*. J Anim Sci, **89**(11): p. 3626-33.
37. Xue, P.C., D. Ragland, and O. Adeola, (2014). *Determination of additivity of apparent and standardized ileal digestibility of amino acids in diets containing multiple protein sources fed to growing pigs*. J Anim Sci, **92**(9): p. 3937-44.
38. Eklund, M., et al., (2015). *Effect of processing of rapeseed under defined conditions in a pilot plant on chemical composition and standardized ileal amino acid digestibility in rapeseed meal for pigs*. J Anim Sci, **93**(6): p. 2813-25.
39. Wünsche, J., et al., (1988). *Einfluß exogener Faktoren auf die präzäkale Nährstoff- und Aminosäurenresorption, ermittelt an Schweinen mit Ileo-Rektal-Anastomosen*. Archiv für Tierernaehrung, **38**(1): p. 37-52.
40. Lahaye, L., et al., (2008). *Impact of wheat grinding and pelleting in a wheat-rapeseed meal diet on amino acid ileal digestibility and endogenous losses in pigs*. Animal Feed Science and Technology, **141**(3): p. 287-305.
41. Kim, J.C., et al., (2009). *Decreasing dietary particle size of lupins increases apparent ileal amino acid digestibility and alters fermentation characteristics in the gastrointestinal tract of pigs*. Br J Nutr, **102**(3): p. 350-60.
42. Oryschak, M.A. and R.T. Zijlstra, (2002). *Effect of dietary particle size and nutrient supply on energy digestibility and nitrogen excretion in ileal cannulated grower pigs*. Canadian Journal of Animal Science, **82**(4): p. 603-606.
43. Lahaye, L., et al., (2003). *Impact of grinding and heating of a wheat-pea blend on amino acids ileal digestibility and endogenous losses*. 1. International Symposium on protein metabolism and nutrition - Rostock and Wageningen, **109**.
44. Lahaye, L., et al., (2004). *Technological processes of feed manufacturing affect protein endogenous losses and amino acid availability for body protein deposition in pigs*. Animal Feed Science and Technology, **113**(1): p. 141-156.
45. Lahaye, L., Y. Riou, and B. Sève, (2007). *The effect of grinding and pelleting of wheat and maize on amino acids true ileal digestibility and endogenous losses in growing pigs*. Livestock Science, **109**(1): p. 138-140.

Appendiks 1 (Materialer og Metoder)

Grisenes basale endogene tab af protein og aminosyrer ved ileum og tilsyneladende ileale fordøjeligheder af protein og aminosyrer for otte råvarer blev målt for at kunne bestemme standardiserede ileale fordøjeligheder af disse råvarer. Målingerne blev gennemført i to separate fordøjelighedsforsøg med fem foderbehandlinger i hvert forsøg

Råvarer, foderblandinger og forsøgsdesign

Råvarer

Tilsyneladende ileale fordøjeligheder af protein og aminosyrer blev målt i tre forskellige batch af sojaskrå samt i hestebønne, afskallet hestebønne, rapsskrå, ærter og solsikkekrå.

Det sojaskrå, der blev anvendt i fordøjelighedsforsøgene, bestod af traditionelt afskallet og toasted sojaskrå. Til Forsøg-1 og Forsøg-2 blev der indkøbt batch af sojaskrå fra henholdsvis 2023 (**Sojaskrå-1**) og 2024 (**Sojaskrå-2**) med et forventet proteinindhold på 45-47 % af varen. Til Forsøg-2 blev der derudover indkøbt en batch af sojaskrå fra 2024 (**Sojaskrå-3**) med et forventet proteinindhold på ca. 47 % af varen. Sojaskrå-1 og Sojaskrå-2 var begge processeret i Tyskland (Hamburg) af sojabønner dyrket i USA eller Brasilien, mens Sojaskrå-3 var dyrket og processeret i Brasilien.

Udover sojaskrå, blev der i Forsøg-1 indkøbt hele hestebønner, hele ærter og rapsskrå af dansk oprindelse. I Forsøg-2 blev der desuden indkøbt afskallet hestebønne af dansk oprindelse og solsikkekrå fra afskallet solsikke af ukrainsk oprindelse.

Tabel A2a og A2b i Appendiks 2 viser det analyserede indhold af næringsstoffer i de otte indkøbte råvarer, hvorpå der blev målt fordøjeligheder. Der var generelt god overensstemmelse mellem analyseret næringsstofindhold og værdier for næringsstofindhold i SEGES Innovations Fodermiddeltabel. Tabelværdier for råvarernes næringsstofindhold fra SEGES Innovations Fodermiddeltabel er vist i henholdsvis **Tabel A2c i Appendiks 2**.

Forsøgsfoderblandinger

Der blev sammensat i alt 10 forsøgsfoderblandinger med fem blandinger til hvert af de to forsøg (**Tabel A3 i Appendiks 3**).

I otte af de 10 forsøgsfoderblandinger i Forsøg-1 og Forsøg-2 indgik én af de otte råvarer til fordøjelighedsbestemmelse som den eneste proteinkilde. Disse otte proteinholdige blandinger blev sammensat, så det forventede indhold af råprotein var 156 g pr. kg foder i Forsøg-1 (**Sojaskrå-1, hestebønne, rapsskrå, ærter**) og 166 g pr. kg foder i Forsøg-2 (**sojaskrå-2, sojaskrå-3, afskallet hestebønne, solsikkekrå**). Mængden af protein i foderet i Forsøg-1 var begrænset af iblandingsprocent af ærter. Det blev vurderet, at den maksimale iblandingsprocent af ærter var omkring 80 %. Mængden af protein i foderet i Forsøg-2 var begrænset af iblandingsprocent af afskallede hestebønner. På baggrund af erfaringer fra Forsøg-1 blev det vurderet, at den maksimale iblandingsprocent af afskallede hestebønner var omkring 60 %. Majsstivelse, sukker, sojaolie og cellulosefibre blev anvendt i blandingerne for at opnå samme proteinindhold i blandingerne indenfor hvert forsøg.

I hver af de to forsøg blev der desuden sammensat en proteinfri foderblanding (**N-Fri-1** og **N-Fri-2**) baseret på majsstivelse, sukker, sojaolie, cellulosefibre, mineraler og vitaminer. Den N-Fri blanding blev fodret til grise for at kunne bestemme grisenes basale endogene tab af protein og aminosyrer ved ileum. Det basale tab er protein og aminosyrer, som stammer fra grisen selv (ikke fra foderet), f.eks. i

form af tabte tarmceller, slim fra slimhinder i mave og tarmvæg (mucus) samt enzymer udskilt til tarmen.

Alle 10 foderblandinger blev sammensat for at kunne opfylde et indhold af mineraler og vitaminer ift. normer for næringsstoffer til slagtegrise (normkolonne 30) tildelt en foderblanding med 1,05 FEsv pr. kg [10]. Da grisene blev tildelt foder i ift. til deres kropsvægt, fik alle grise samme minimumsmængde af vitaminer og mineraler pr. kg gris.

Råvarerne til Forsøg-1 blev formalet på en Hammermølle med 3,5 mm pladesold. Råvarerne til Forsøg-2 blev formalet på en Hammermølle med 2,5 mm pladesold. Alle foderblandingeres ingredienser blev blandet sammen i en horisontal foderblender i 8 minutter og opbevaret i en lukket beholder på frost indtil portionsudvejning og udfodring tidligst en uge før udfodring.

Forsøgsdesign

I hvert forsøg var der fem foderbehandlinger (foderbehandling = foderblandinger) – én N-Fri behandling og fire behandlinger med protein i foderet udelukkende fra ét testfodermiddel. Begge forsøg var designet som cross-over forsøg, med opsamling af ileumindhold otte gange (perioder) pr. gris fra 10 grise pr. forsøg.

Forsøgene var designet, så den N-frie behandling (N-Fri-1 og N-Fri-2) indgik med i alt 20 perioder pr. forsøg og med to perioder pr. gris i hvert forsøg – og dermed 20 gentagelser på den N-Fri blanding i hvert forsøg. De fire behandlinger med testfodermidler indgik i alt med 15 perioder pr. forsøg og dermed 15 gentagelser pr. testfodermiddel.

Foderbehandlingerne blev tilfældigt fordelt indenfor hvert forsøg, dog med krav om, at én behandling mindst tildeles hver gris en periode og højst to perioder, men ikke i træk, samt at hver behandling er ligeligt repræsenteret i de otte perioder.

I et indledende pilotforsøg blev SID af råprotein og essentielle aminosyrer bestemt med en standardafvigelse på henholdsvis 3,6 % og 4,0 %. Forsøg-1 og Forsøg-2 var designet til at kunne bestemme SID råprotein og essentielle aminosyrer med et konfidensinterval (95 %) på henholdsvis $\pm 1,8$ og $\pm 2,0$ %-point for råprotein og essentielle aminosyrer ved 15 gentagelser pr. behandling.

I begge forsøg indgik desuden en ekstra gris som reserve, for at kompensere for tilfælde, hvor en planlagt opsamlingsperiode blev misset, f.eks. på grund af nedsat ædelyst på opsamlingsdag. I Forsøg-1 udgik der planlagte opsamlinger fra grise fodret med ærter (to opsamlinger), hestebønner (to opsamlinger) og N-Fri foder (to opsamlinger). Den ekstra gris blev anvendt til bestemmelser for ærter (to opsamlinger), hestebønne (to opsamlinger) samt rapsskrå (en opsamling). I Forsøg-2 udgik der planlagte opsamlinger fra grise fodret med afskallet hestebønne (fire opsamlinger) og N-Fri foder (to opsamlinger). Den ekstra gris blev anvendt til bestemmelser for afskallet hestebønne (to opsamlinger) og N-Fri behandling (to opsamlinger) samt sojaskrå-3 (en opsamling).

Beskrivelse af grise, operation og daglig pasning

I hvert af de to forsøg blev 11 galtgrise (DxLxY; DanBred) med en vægt på ca. 30 kg flyttet til fordøjelighedsfaciliteterne for at vænne sig til faciliteterne, individuel opstaldning og til måltidsfodring med to daglige fodertildelinger. Grisene blev indsat i fordøjelighedsfaciliteterne en uge før operation.

I hvert af de to forsøg fik 11 galtgrise (DxLxY; DanBred) med en operationsvægt på $30,0 \text{ kg} \pm 2 \text{ kg}$ (SD) indopereret en fistel i ileum (simpel T-cannula) ca. 20 cm før overgang mellem ileum og blindtarm (Cecum), for at kunne opsamle tarmindhold. Grisene blev fastet minimum 16 timer før

operationen. Fistlen blev indopereret efter samme princip som beskrevet af Stein et al. (1998) [25]. Efter operation blev grisen flyttet til opvarmede opvågningsstier indtil de selv kunne gå tilbage til deres sti. Grisene fik smertestillende (0,083 ml Metacam pr. kg kropsvægt; 15 mg meloxicam pr. ml; Boehringer Ingelheim) de første fem dage efter operationen (ophelingsperiode). For at forebygge infektion, fik grisene en daglig behandling med antibiotika (0,1 ml streptocillin pr. kg kropsvægt; 200 mg benzylpenicillin pr. ml; Boehringer Ingelheim) de første fem dage efter operationen.

Efter operationen og frem til forsøgets afslutning blev huden omkring fistlens udgang på siden af grisen rengjort to gange dagligt med lunken vand og efterfølgende smurt med zinkcreme. Dette blev gjort for at undgå hudirritation fra fordøjelsesenzymer fra eventuelle stænk og læk af tarmindehold på grisens hud.

Grisene fik tildelt foder to gange dagligt gennem hele forsøgsperioden. Foderstyrken blev justeret en gang ugentlig og fastlagt som 97 % af forventet ad libitum foderindtag (40-45 g foder pr. dag pr. kg gris). Foderet blev opblandet i vand i forbindelse med udfodring, og eventuelle foderrester blev fjernet og registreret 30-45 minutter efter udfodring.

Prøveopsamling

Råvarer og foderblandinger

I forbindelse med formaling af råvarer og blanding af foder, blev der udtaget repræsentative prøver af råvarer og foderblandinger ud fra TOS principperne (Theory of sampling). De udtagne prøver blev herefter neddelte vha. prøveneddeler.

Ileumindhold

Opsamling af ileumindhold blev gennemført i perioder af en uges varighed, hvor grisene fik tildelt en af foderblandingerne i fem dage forud for prøveopsamling (tilvænningsperiode). De efterfølgende to dage blev der opsamlet ileumindhold over en periode på ni timer pr. dag (opsamlingsperiode). Opsamling af ileumindholdet blev foretaget ved påsætning af plastikposer på fistlens åbning, hvorefter ileumindholdet kan passere frit gennem fistlen fra tarmen og ud i opsamlingsposen. Poserne blev tømt i et interval på maksimum en halv time gennem de 2 x 9 timers opsamling. Den opsamlede prøve blev opbevaret på frost (-20°C) umiddelbart efter afmontering fra fistlen.

Kemiske og fysiske analyser

Tørstof i råvarer, foder blev målt ved ovntørring (103°C) indtil konstant vægt blev opnået (EU 152/2009).

Tørstof i ileumindhold blev målt ved frysetørring af hele den opsamlede prøve (EU 152/2009).

Råaske i råvarer, foder og ileumindhold blev målt i den tørrede prøve, som blev forasket ved 550°C (EU 152/2009).

Træstof i råvarerne blev målt ved, at prøven blev kogt i en opløsning af svovlsyre og herefter kaliumhydroxid i bestemte koncentrationer. Tilbageværende materiale blev filtreret fra (vha. fiberposer), vasket, tørret og forasket ved 550°C. Vægttabet ved foraskning svarer til mængden af træstof (EU 1552/2009).

Råfedt i råvarer og foder blev målt ved en indledende hydrolisering af prøven vha. opvarmning i saltsyreopløsning, som efterfølgende blev afkølet og filtreret. Den vaskede og tørrede prøverest blev ekstraheret med petroleumssæter. Den ikke fordampede rest tørres og vejes (EU 1552/2009).

Råprotein i råvarer, foder og ileumindhold blev målt ved sammenpresning og forbrænding af prøven, hvorefter kvælstofmængden i forbrændingsgasserne blev bestemt. Mængden af råprotein beregnes som kvælstof x 6,25 (Dumas metode).

Enzymfordøjeligt organisk stof (EFOS) i råvarer og foder blev målt ved inkubation af prøven med pepsin i 1 1/4 timer, efterfulgt af pancreatin i 3 1/2 timer og viscozym i 18 timer. Uopløst prøvemateriale blev filtreret fra, tørret og forasket. Fordøjeligheden af organisk stof blev beregnet ved at sammenholde bestemmelserne af organisk stof (tørstof minus aske) efter enzymbehandlingen med organisk stof i den oprindelige prøve (PD, FO 05/04).

Enzymfordøjeligt organisk stof ved ileum (EFOSi) i råvarer og foder blev målt ved inkubation af prøven med pepsin ved pH 2,0 i 75 min., efterfulgt af pancreatin ved pH 6,8 i ca. 18 timer. Opløst, men unedbrudt protein fældes med sulfosalicylsyre. Uopløst og fældet prøvemateriale opsamles ved filtrering, og tørres. Fordøjeligheden af organisk stof ved ileum beregnes ved at sammenholde bestemmelserne af organisk stof (tørstof minus aske) efter enzymbehandlingen med organisk stof i den oprindelige prøve (PD, FO 08/99 metode 9.1, ver 2).

Peptidbundne og frie aminosyrer (Cys, Met, Lys, Thr, Ala, Arg, Asx, Glx, Gly, His, Ile, Leu, Phe, Pro, Ser, Tyr, Val) i råvarer, foder og ileumindhold blev målt ved ionbytningskromatografi (EU 152/2009). Cys og Met blev indledningsvis oxideret til henholdsvis cysteinsyre og methioninsulfon ved 0 grader C med en phenolholdig permyresyre. De øvrige aminosyrer blev ikke oxideret. Den oxiderede prøve (Cys og Met) og den uoxiderede prøve (Lys, Thr, Ala, Arg, Asx, Glx, Gly, His, Ile, Leu, Phe, Pro, Ser, Tyr, Val) blev begge hydroliseret med saltsyre (pH 3.20) i 23 timer. Hydrolysatets pH-værdi justeres til 2,20. Aminosyrerne i de hydroliserede prøver adskilles ved ionbytningskromatografi og bestemmes ved reaktion med ninhydrin ved fotometrisk påvisning ved 570 nm (440 nm for prolin) (EU 152/2009).

Tryptophan (Peptidbundet og frit) i råvarer, foder og ileumindhold blev målt ved højtryksvæskrokromatografi - HPLC (EU 152/2009). Til bestemmelse af total tryptophan hydrolyseres prøven i basisk miljø i en mættet bariumhydroxidopløsning og holdes opvarmet til 110 °C i 20 timer. Efter hydrolysen tilsættes der intern standard. Tryptophanet og den interne standard i hydrolysatet bestemmes ved HPLC med fluorescensdetektor (EU 152/2009).

Mineraler (P, Ca, Na, K, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn) i råvarer blev målt ved ICP-OES (EU 152/2009). Prøven opløses i saltsyre, efter at eventuelt organisk stof er destrueret ved foraskning (550°C).

Yttrium (Y) i foder og ileumindhold blev målt ved ICP-OES (DS/EN 13805:2014, DS/EN ISO 11885m:2009).

Tanniner og polyphenoler (udtrykt som pyrogallol) i råvarer blev målt ved hjælp af Folin-Ciocalteu's kolorimetrisk metode (Ph. Eur. 2.8.14).

Partikelstørrelsefordeling af råvarer blev målt ved tørsigtning ved hjælp af elektrisk sigte (Retsch) i 8 minutter og partiklerne blev opdelt vha. solde på 0,5; 1,0, 2,0 og 3,15 mm. De sigtede fraktioner blev vejet og sigteprofilen beregnet som vægtprocent.

Beregninger

Grisens basale endogene tab ved ileum (BETi), tilsyneladende ileale fordøjeligheder (AID) og standardiserede ileale fordøjeligheder (SID) af råprotein og aminosyrer (repræsenteret med et X) blev beregnet med Yttrium (Y) som markør ved brug af ligning 1-3 vist nedenfor.

$$1) \quad AID_x, \% = \left(1 - \frac{Y_{foder, g \text{ pr. kg TS}}}{Y_{ileumindhold, g \text{ pr. kg TS}}} \times \frac{X_{ileumindhold, g \text{ pr. kg TS}}}{X_{foder, g \text{ pr. kg TS}}} \right) \times 100$$

$$2) \quad BETi_x, g \text{ pr. kg TS} = X_{ileum, g \text{ pr. kg TS}} \times \frac{Y_{foder, g \text{ pr. kg TS}}}{Y_{ileumindhold, g \text{ pr. kg TS}}}$$

$$3) \quad SID_x, \% = AID_x, \% + \frac{Reference - BETi_x, g \text{ pr. kg TS}}{X_{foder, g \text{ pr. kg TS}}} \times 100$$

Til beregning af AID, BETi, og SID indgår det analyserede indhold af Yttrium (markør) i foderet (Y_{foder}) og ileumindhold ($Y_{ileumindhold}$) angivet i g pr. kg tørstof (TS). Ligeledes indgår det analyserede indhold af den pågældende aminosyre eller råproteinindholdet i foder (X_{foder}) og ileumindhold ($X_{ileumindhold}$), ligeledes angivet i g pr. kg TS.

Referenceværdierne for grisens basale endogene tab (Reference-BETi) af råprotein og aminosyrer til beregningen af råvarenes SID råprotein og aminosyrer er et vægtet gennemsnit af BETi målt i SEGES Innovation.

Foderblandingerne til begge forsøg blev sammensat, så indhold af råprotein og aminosyrer i en blanding udelukkende stammede fra én råvare (**Tabel A3 – Appendiks 3**). Derfor er foderblandingerne fordøjelighed af råprotein og aminosyrer et udtryk for råvarens fordøjelighed i de pågældende blandinger.

Statistik

Det basale endogene tab, som blev anvendt til beregning af SID for råprotein og aminosyrer, blev modelleret som et simpelt gennemsnit [$y \sim 1$] for de 45 observationer fra de tre forsøg ved hjælp af 'lm' funktionen i 'stats' pakken i R.

De tilsyneladende ileale fordøjeligheder og SID blev modelleret som en lineær effekt af foderbehandling (fixed effekt) og grisens vægt krydset med foderbehandling (fixed effekt) samt gris og opsamlingsperiode som tilfældige effekter

[$y \sim \text{Foderbehandling} + \text{Foderbehandling:Vægtgris} + (1|\text{gris}) + (1|\text{periode})$].

Modellerne er kørt i 'lmer' funktionen i 'lmerTest' pakken i R. Estimer er lavet i 'emmeans' fra 'emmeans' pakken i R med weights= "proportional" og vægtgris er sat til gennemsnitsvægten for alle grise i et forsøg. Det betyder, at grisens vægt ikke medregnes i dens N-fri perioder. Signifikansbogstaver er lavet med cld funktionen fra multcomp pakken, hvor tukey metoden anvendes til at håndtere multiple testning. Der laves ikke yderligere multipel test korrektion for, at der samme sted testes for fordøjeligheden af mange stoffer.

Appendiks 2 (Råvarernes næringsstofindhold)

Table A2a. Analyseret indhold af næringsstoffer i de råvarer, der er anvendt i Forsøg-1. Indhold angivet i g pr. kg tørstof medmindre andet er vist. Gennemsnit af 3 prøver med dobbeltbestemmelse.

Fodermiddel	Forsøg-1							
	Sojaskrå-1		Hestebønne		Rapsskrå		Ærter	
	Gns.	SD	Gns.	SD	Gns.	SD	Gns.	SD
Tørstof, g/kg	875	0	861	0	871	0	870	1
Råaske	73,1	0,0	32,5	0,0	87,3	0,0	32,2	0,0
Organisk stof	927	0	968	0	913	0	968	0
EFOS, %	93,8	0,5	80,2	2,5	78,2	0,4	89,7	1,7
EFOSi, %	78,0	0,3	70,4	2,1	58,4	0,2	81,1	1,1
Råfedt	27,8	1,3	20,5	0,7	47,8	0,6	24,9	0,7
Råprotein	514	3	295	1	383	1	230	1
Træstof	47	1	95	2	143	3	66	2
FEsv/kg TS	1,09	0,00	1,00	0,02	0,81	0,00	1,22	0,01
FEso2023/kg TS	1,14	0,00	1,06	0,02	0,95	0,00	1,23	0,01
Totale aminosyrer ¹	514	4	269	4	338	5	210	3
Essentielle aminosyrer ²	196	2	100	1	134	2	81	1
Ikke-essentielle aminosyrer ³	318	2	170	3	204	3	129	2
Lysin (Lys)	34,2	0,29	19,7	0,24	21,5	0,50	17,4	0,23
Methionin (Met)	5,9	0,09	1,8	0,11	7,0	0,07	1,9	0,02
Cystein + Cystin (Cys)	8,1	0,06	3,6	0,06	8,7	0,04	3,6	0,11
Met + Cys	14,0	0,15	5,4	0,15	15,7	0,11	5,5	0,13
Treonin (Thr)	20,8	0,35	10,2	0,19	16,6	0,40	8,4	0,25
Tryptofan (Trp)	7,1	0,07	2,5	0,03	5,0	0,02	2,1	0,02
Isoleucin (Ile)	22,8	0,57	11,2	0,13	14,1	0,30	8,7	0,14
Leucin (Leu)	40,9	0,33	21,5	0,30	26,2	0,41	16,1	0,29
Histidin (His)	13,4	0,12	7,4	0,14	9,7	0,23	5,3	0,05
Fenylalanin (Phe)	26,1	0,24	12,1	0,29	14,7	0,35	10,6	0,16
Tyrosin (Tyr)	19,1	0,12	9,1	0,25	10,9	0,08	7,3	0,11
Phe + Tyr	45,2	0,35	21,2	0,52	25,6	0,30	17,9	0,24
Valin (Val)	24,9	0,23	13,3	0,18	19,0	0,47	10,4	0,29
Arginin (Arg)	36,3	0,41	25,9	0,86	21,0	0,30	16,6	0,19
Alanin (Ala)	22,9	0,13	12,1	0,12	16,7	0,35	10,0	0,17
Asparaginsyre (Asp+Asn)	61,9	0,65	32,9	0,65	27,9	0,57	26,5	0,56
Glutaminsyre (Glu+Gln)	95,0	0,52	48,1	0,95	61,8	1,10	36,4	0,63
Glycin (Gly)	22,0	0,13	12,4	0,12	19,1	0,35	9,7	0,10
Prolin (Pro)	25,0	0,29	11,2	0,12	21,1	0,50	8,0	0,16
Serin (Ser)	27,4	0,37	14,3	0,20	16,5	0,29	10,8	0,12
Fosfor (P)	7,7	0,06	4,8	0,03	12,2	0,11	4,3	0,02
Calcium (Ca)	3,9	0,01	1,3	0,02	8,5	0,08	1,4	0,02
Natrium (Na)	0,2	0,02	0,1	0,01	0,9	0,01	<0,01	-
Kalium (K)	23,7	0,20	11,5	0,07	13,6	0,07	10,7	0,06
Magnesium (Mg)	4,1	0,02	1,3	0,01	5,5	0,06	1,4	0,01
Jern (Fe), mg/kg TS	545,5	7,61	56,6	0,51	245,7	7,53	107,7	13,35
Kobber (Cu), mg/kg TS	13,3	0,66	12,5	0,29	5,1	0,22	5,9	0,13
Mangan (Mn), mg/kg TS	48,6	0,33	17,9	0,20	70,5	0,76	14,8	0,00
Zink (Zn), mg/kg TS	52,8	0,07	55,4	0,18	72,5	0,63	45,2	1,99
Tanniner ⁴	n.a.	n.a.	1,1	0,00	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

¹ Sum af alle analyserede aminosyrer

² Sum af Lys, Met, Thr, Trp, Ile, Leu, His, Phe, Val

³ Sum af Cys, Tyr, Arg, Ala, Asp+Asn, Glu+Gln, Gly, Pro, Ser

⁴ Polyphenoler beregnet som mængden af pyrogallol

n.a.: Ikke analyseret

Table A2b. Analyseret indhold af næringsstoffer i de råvarer, der er anvendt i Forsøg-2. Indhold angivet i g pr. kg tørstof medmindre andet er vist. Gennemsnit af 3 prøver med dobbeltbestemmelse.

Fodermiddel	Forsøg-2							
	Sojaskrå-2		Sojaskrå-3		Afsk. Hestebønne		Solsikkekrå	
	Gns.	SD	Gns.	SD	Gns.	SD	Gns.	SD
Tørstof, g/kg	874	0,6	881	1	855	0	904	1
Råaske	68,6	0,1	70,8	1,3	37,4	0	74,5	0,6
Organisk stof	931	0,1	929	1,3	963	0	926	0,6
EFOS, %	94,8	0,1	94,9	0,1	86,8	1,7	71,4	1,1
EFOSi, %	80,1	0,2	79,6	0,2	88,7	0,2	59	0,8
Råfedt	29,7	0,1	33,7	2,9	25,4	1,3	38,7	2
Råprotein	522	3,2	536	1,5	339	2	371	2,4
Træstof	41	0	44	0,7	20	2,9	194	4,2
FEsv/kg TS	1,13	0	1,12	0,01	1,28	0,01	0,78	0,01
FEso2023/kg TS	1,17	0	1,17	0,01	1,22	0,02	0,9	0,01
Totale aminosyrer ¹	539	6,442	554	3	319	5	361	7
Essentielle aminosyrer ²	207	2,326	212	0	119	3	132	2
Ikke-essentielle aminosyrer ³	332	4,138	341	3	199	2	229	5
Lysin (Lys)	35,52	0,46	35,43	0,21	23,24	0,89	15,2	0,14
Methionin (Met)	7,16	0,39	7,26	0,48	2,4	0,1	8,76	0,25
Cystein + Cystin (Cys)	7,57	0,17	7,86	0,42	4,11	0,04	6,06	0,32
Met + Cys	14,73	0,23	15,12	0,24	6,5	0,09	14,82	0,54
Treonin (Thr)	22,4	0,54	22,18	0,3	12,79	0,64	15,38	0,11
Tryptofan (Trp)	7,83	0,05	7,88	0,04	3,19	0,01	5,68	0,13
Isoleucin (Ile)	24,08	1,12	25,93	0,06	13,49	0,07	15,71	0,51
Leucin (Leu)	42,27	0,79	43,64	0,17	25,46	0,37	24,83	0,61
Histidin (His)	14	0,4	14,19	0,12	8,77	0,26	9,72	0,06
Fenylalanin (Phe)	27,81	0,43	29,03	0,15	14,58	0,27	17,67	0,36
Tyrosin (Tyr)	19,96	0,41	20,7	0,54	10,89	0,12	10,02	0,17
Phe + Tyr	47,77	0,84	49,73	0,61	25,47	0,3	27,69	0,52
Valin (Val)	25,75	0,82	26,61	0,44	15,52	0,18	18,85	0,24
Arginin (Arg)	39,22	0,6	40,65	0,54	29,78	0,44	30,62	0,76
Alanin (Ala)	23,88	0,45	24,6	0,32	14,23	0,07	16,89	0,36
Asparaginsyre (Asp+Asn)	63,49	0,82	64,54	0,26	38,21	1,02	35,3	0,18
Glutaminsyre (Glu+Gln)	99,31	1,41	102,23	0,58	56,57	0,07	73,33	2,39
Glycin (Gly)	23,24	0,32	23,96	0,02	14,27	0,12	23,65	0,74
Prolin (Pro)	26,71	0,65	27,97	0,64	13,96	0,18	15,75	0,06
Serin (Ser)	28,58	0,76	28,92	0,55	17,07	0,62	17,45	0,17
Fosfor (P)	7,42	0,03	7,35	0,05	5,57	0,07	12,84	0,01
Calcium (Ca)	3,95	0,04	4,37	0,01	0,65	0,01	4,98	0,03
Natrium (Na)	0,14	0,02	<0,01	-	0,17	0	<0,01	-
Kalium (K)	22,89	0,11	24,03	0,07	11,81	0	16,16	0,11
Magnesium (Mg)	3,71	0,01	3,8	0,02	1,21	0,01	7,23	0,01
Jern (Fe), mg/kg TS	305,99	0,66	141,94	3	55,44	0,31	239,03	7,67
Kobber (Cu), mg/kg TS	12,71	0,11	8,51	0,16	12,09	0,07	34,45	0,36
Mangan (Mn), mg/kg TS	46,51	0,48	33,76	0,43	13,96	0,07	55,92	0,5
Zink (Zn), mg/kg TS	54,56	1,04	57,8	0,3	51,23	0,82	108,67	0,4
Tanniner ⁴	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,38	0,66	n.a.	n.a.

¹ Sum af alle analyserede aminosyrer

² Sum af Lys, Met, Thr, Trp, Ile, Leu, His, Phe, Val

³ Sum af Cys, Tyr, Arg, Ala, Asp+Asn, Glu+Gln, Gly, Pro, Ser

⁴ Polyphenoler beregnet som mængden af pyrogallol

n.a.: Ikke analyseret

Table A2c. Tabelværdier fra SEGES Innovations Fodermiddeltabel for indhold af næringsstoffer i de råvarer, der er anvendt i Forsøg-1 og Forsøg-2.

		Sojaskrå-1 (Afskallet, toasted)	Hestebønner	Rapsskrå	Ærter	Sojaskrå-2 (afskallet, toasted, middel protein)	Sojaskrå-3 (afskallet, toasted, højt protein)	Afskallet hestebønne	Solsikkeskrå (afskallet)
		2019	2012, 2014, 2015, 2016	2019	2017	2023	2023		2023
Tørstof	g/kg	872	852	888	852	872	869	-	900
Råaske	g/kg TS	81	36	84	37	81	82	-	73
Organisk stof	g/kg TS	919	964	916	963	919	918	-	927
EFOS	%	94	80	79	91	94	94	-	73
EFOSi	%	78	71	60	79	77	78	-	58
Råfedt	g/kg TS	29	20	49	22	29	32	-	22
Råprotein	g/kg TS	524	288	388	240	522	542	-	389
Træstof	g/kg TS	44	96	130	63	47	46	-	191
Foderenheder	FEsv/kg TS	1,07	1	0,83	1,18	1,07	1,07	-	0,72
Foderenheder	FEso2023/kg TS	1,10	1,03	0,91	1,19	1,13	1,13	-	0,86
Essentielle aminosyrer ¹	g/kg TS	198	97	140	85	196	201	-	128
Lysin (Lys)	g/kg TS	33,0	18,2	21,3	16,8	32,3	32,8	-	14,3
Methionin (Met)	g/kg TS	7,1	2,1	7,8	2,4	7,0	7,2	-	8,8
Cystein + Cystin (Cys)	g/kg TS	7,5	3,5	9,7	3,5	7,6	7,8	-	6,1
Met + Cys	g/kg TS	14,6	5,6	17,4	5,8	14,7	15	-	14,9
Treonin (Thr)	g/kg TS	21,3	10,1	17,1	8,9	20,6	21,4	-	14,2
Tryptofan (Trp)	g/kg TS	7,2	2,5	4,9	2,1	6,8	7,0	-	5,2
Isoleucin (Ile)	g/kg TS	22,8	11,3	15,1	9,7	23,9	24,4	-	15,8
Leucin (Leu)	g/kg TS	40,9	20,9	27,5	16,9	40,4	41,1	-	24,1
Histidin (His)	g/kg TS	14,0	7,5	10,8	6	13,8	14,2	-	9,5
Fenylalanin (Phe)	g/kg TS	26,8	12,3	15,5	11	26,7	28	-	17,3
Tyrosin (Tyr)	g/kg TS	19,1	10,6	11,7	7,8	17,6	17,8	-	8,8
Phe + Tyr	g/kg TS	45,9	22,9	27,2	18,8	44,3	45,9	-	26,1
Valin (Val)	g/kg TS	25,1	12,5	20,1	11,1	24,8	24,6	-	19,3
Fosfor (P)	g/kg TS	7,2	5,3	11,9	4,6	7,18	7,28	-	11,99
Calcium (Ca)	g/kg TS	3,8	1,4	8,3	0,9	3,97	4,1	-	4,27
Natrium (Na)	g/kg TS	0,1	0,2	0,4	0,1	0,11	0,13	-	0,1
Kalium (K)	g/kg TS	24	12,7	15	12	24,3	24,3	-	17,0
Magnesium (Mg)	g/kg TS	3,3	1,4	5,3	1,3	5,2	4,2	-	6,8
Jern (Fe)	mg/kg TS	212	74,5	260	77	308	352	-	235
Kobber (Cu)	mg/kg TS	14	13,9	6,4	6,7	13	14	-	33
Mangan (Mn)	mg/kg TS	49	18,7	76	16	40,1	40	-	47
Zink (Zn)	mg/kg TS	51	51,9	73	39	52	55	-	110

¹ Sum af Lys, Met, Thr, Trp, Ile, Leu, His, Phe, Val

Appendiks 3 (Foderblandingerens råvaresammensætning)

Table A3. Forsøgsfoderblandingerens indhold af råvarer og ingredienser.

	Forsøg-1					Forsøg-2				
	Gr. 1-1	Gr. 1-2	Gr. 1-3	Gr. 1-4	Gr. 1-5	Gr. 2-1	Gr. 2-2	Gr. 2-3	Gr. 2-4	Gr. 2-5
	N-Fri-1 g/kg	Sojaskrå-1 g/kg	Hestebønne g/kg	Rapsskrå g/kg	Ært g/kg	N-Fri-2 g/kg	Sojaskrå-2 g/kg	Sojaskrå-3 g/kg	Afskallet hestebønne g/kg	Solsikkeskrå g/kg
Sojaskrå-1	0	324	0	0	0	0	0	0	0	0
Hestebønner	0	0	635	0	0	0	0	0	0	0
Rapsskrå	0	0	0	430	0	0	0	0	0	0
Ært	0	0	0	0	775	0	0	0	0	0
Sojaskrå-2	0	0	0	0	0	0	353	0	0	0
Sojaskrå-3	0	0	0	0	0	0	0	343	0	0
Afskallede hestebønner	0	0	0	0	0	0	0	0	600	0
Solsikkeskrå	0	0	0	0	0	0	0	0	0	460
Majsstivelse	663	505	193	407	53	622	401	407	239	334
Sukker	200	100	100	100	100	249	160	163	95	134
Sojaolie	40	15	15	15	15	48	31	31	18	26
Cellulosepulver	40	10	10	10	10	38	25	25	15	21
Monocalciumfosfat	17,5	13	11,5	10	10	14,2	5,8	5,9	8	1,05
Foderkridt	11,2	11	13	6,3	14,5	11,81	12,68	12,65	13,13	13,16
Kaliumchlorid, KCl	5,2	0	0	0	0	5,25	0	0	0	0
Fodersalt, NaCl	5	5	5	5	5	4,75	4,78	4,78	4,65	4,85
Vitaminer og mikromineraler ¹	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Fytase, Ronozyme HiPhos 5000 GT (300%)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0	0	0	0	0
Fytase, Ronozyme HiPhos 20 000 GT (400%)	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Mg-oxid (Magnesium oxid)	0,7	0	0	0	0	0,64	0	0	0	0
Celite 545	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0
Yttrium(III)Oxide (Y ₂ O ₃)	0,508	0,508	0,508	0,508	0,508	0,508	0,508	0,508	0,508	0,508
Titanium(IV)Oxide (TiO ₂)	3,337	3,337	3,337	3,337	3,337	3,337	3,337	3,337	3,337	3,337

¹ I hver kg færdigblanding er der: 0,40 g Mg fra Magnesium oxid; 126 mg Fe fra Jern-II-sulfat; 22,5 mg Cu fra Kobber-II-sulfat; 72 mg Mn fra Mangan oxid; 105 mg Zn fra Zink oxid; 1,5 mg I fra Calcium iodat; 0,45 Se fra natriumselenit.

Appendiks 4 (Foderblandingerens næringsstofindhold)

Tabel A4a. Analyseret indhold af næringsstoffer i de foderblandinger, der blev anvendt i Forsøg-1. Indhold er angivet i g pr. kg tørstof medmindre andet er vist. Gennemsnit og spredning (SD) på baggrund af 4 analyserede prøver med dobbeltbestemmelse. Tilsvarende resultater fra Forsøg-2 vises i Tabel A4b på næste side.

	Forsøg-1									
	N-Fri-1		Sojaskrå-1		Hestebønne		Rapsskrå		Ærter	
	Gr. 1-1		Gr. 1-2		Gr. 1-3		Gr. 1-4		Gr. 1-5	
	Gns.	SD	Gns.	SD	Gns.	SD	Gns.	SD	Gns.	SD
Yttrium	0,44	0,01	0,45	0,01	0,47	0,017	0,47	0,022	0,48	0
Tørstof, g/kg	933	0,5	911	1	893	0,8	906	0,8	894	0,8
Råaske	32	7	69	1,1	65	0	75	1,1	70	0,9
Organisk stof	968	7	931	1,1	935	0,1	925	1,1	930	0,9
EFOS, %	95,3	0,3	96,4	0,3	88,3	1,3	90,3	0,8	93,4	1,1
EFOSi, %	94,8	0,1	89,8	0,4	80,2	1,9	80,6	0,6	81,6	0,6
Råfedt	44	2,3	25	0,9	29	1,1	38	0,6	34	0,9
Råprotein	11	0,6	160	8,5	183	2,2	163	10,3	172	1,4
FEsv/kg TS	1,53	0,007	1,34	0,004	1,18	0,021	1,2	0,009	1,22	0,012
FEso2023/kg TS	1,44	0,008	1,3	0,002	1,19	0,004	1,21	0,009	1,24	0,011
Totale aminosyrer ¹	-	-	159	5,4	163	1,6	144	0,7	161	1,2
Essentielle aminosyrer ²	-	-	61	1,7	60	0,4	57	0,4	62	0,4
Ikke-essentielle aminosyrer ³	-	-	99	3,7	103	1,3	88	0,7	99	0,9
Lysin (Lys)	<0,14	-	10,6	0,29	11,7	0,16	9,1	0,18	13	0,23
Methionin (Met)	<0,24	-	2,1	0,13	1,2	0,02	3,1	0,15	1,7	0,07
Cystein + Cystin (Cys)	0,1	0,01	2,4	0,11	2,2	0,11	3,5	0,27	2,5	0,14
Met + Cys	-	-	4,5	0,21	3,4	0,13	6,6	0,4	4,2	0,19
Treonin (Thr)	0,1	0,02	6,4	0,23	6,4	0,26	7,3	0,09	6,7	0,24
Tryptofan (Trp)	<0,10	-	2	0,13	1,5	0,05	2	0,06	1,5	0,04
Isoleucin (Ile)	<0,35	-	7,2	0,27	6,9	0,06	6	0,1	6,9	0,04
Leucin (Leu)	0,306	0,02	12,6	0,38	13	0,1	11	0,09	12,2	0,1
Histidin (His)	<0,20	-	4,2	0,11	4,4	0,05	4,2	0,02	4,2	0,11
Fenylalanin (Phe)	<0,31	-	8	0,2	7,2	0,1	6,2	0,06	7,9	0,18
Tyrosin (Tyr)	<0,23	-	4,9	0,2	5	0,19	4,1	0,11	4,9	0,07
Phe + Tyr	-	-	12,8	0,4	12,2	0,24	10,3	0,12	12,8	0,2
Valin (Val)	0,2	0,01	7,6	0,26	8	0,16	8	0,13	8	0,15
Arginin (Arg)	0,2	0,04	11,2	0,42	15,5	0,25	8,8	0,18	12,9	0,21
Alanin (Ala)	0,3	0,02	7,3	0,21	7,4	0,1	7,2	0,05	7,7	0,11
Asparaginsyre (Asp+Asn)	0,3	0,01	18,7	0,62	19,7	0,59	12	0,25	20,1	0,61
Glutaminsyre (Glu+Gln)	0,6	0,05	30,3	1,64	29,8	0,87	26,8	0,44	28,2	0,52
Glycin (Gly)	0,6	0,02	7,3	0,25	7,7	0,04	8,4	0,03	7,6	0,05
Prolin (Pro)	0,4	0,06	8,3	0,37	7,2	0,18	9,7	0,24	7	0,17
Serin (Ser)	0,2	0,02	8,4	0,22	8,7	0,22	7,1	0,099	8,27	0,14

¹ Sum af alle analyserede aminosyrer

² Sum af Lys, Met, Thr, Trp, Ile, Leu, His, Phe, Val

³ Sum af Cys, Tyr, Arg, Ala, Asp+Asn, Glu+Gln, Gly, Pro, Ser

Table A4b. Analyseret indhold af næringsstoffer i de foderblandinger, der blev anvendt i Forsøg-2. Indhold er angivet i g pr. kg tørstof medmindre andet er vist. Gennemsnit og spredning (SD) på baggrund af 4 analyserede prøver med dobbeltbestemmelse. Tilsvarende resultater fra Forsøg-1 vises i Tabel A4a på forrige side.

	Forsøg-2									
	N-Fri-2		Sojaskrå-2		Sojaskrå-3		Afskallet hestebønne		Solsikkekrå	
	Gr. 2-1		Gr. 2-2		Gr. 2-3		Gr. 2-4		Gr. 2-5	
	Gns.	SD	Gns.	SD	Gns.	SD	Gns.	SD	Gns.	SD
Yttrium	0,44	0,02	0,44	0,02	0,47	0,04	0,46	0,02	0,42	0,03
Tørstof, g/kg	919	2,2	905	0	906	0,5	883	0,6	914	0,5
Råaske	41	0,7	52	0,5	53	0,9	53	0,6	59	0,6
Organisk stof	959	0,7	948	0,6	947	0,9	947	0,6	941	0,6
EFOS, %	95,7	0,4	95,8	0,5	95,7	0,2	93,8	1,1	86,8	1,1
EFOSi, %	96	0,8	90	0,2	90,2	0,3	90,7	0,9	79,1	1,1
Råfedt	54	2,8	47	2,6	40	1,1	35	1,1	46	2,4
Råprotein	6	0,6	179	11,7	186	11,7	201	2	177	7,9
FEsv/kg TS	1,56	0,02	1,41	0,01	1,39	0	1,37	0,02	1,2	0,02
FEso2023/kg TS	1,46	0,01	1,36	0,01	1,34	0	1,32	0,01	1,21	0,02
Totale aminosyrer ¹	-	-	178	3,7	180	3	182	0,9	161	7,2
Essentielle aminosyrer ²	-	-	69	1,5	69	1,2	68	0,3	59	2,4
Ikke-essentielle aminosyrer ³	-	-	110	2,3	111	1,8	114	0,6	102	4,7
Lysin (Lys)	<0,14	-	11,7	0,3	11,6	0,2	13,1	0,1	6,8	0,3
Methionin (Met)	<0,24	-	2,3	0,2	2,3	0,1	1,5	0,1	4	0,2
Cystein + Cystin (Cys)	<0,06	-	2,4	0,1	2,4	0,1	2,4	0	2,6	0,1
Met + Cys	-	-	4,7	0,3	4,7	0,2	3,9	0,1	6,6	0,3
Treonin (Thr)	<0,06	-	7,2	0,1	7,3	0,1	7,1	0	6,8	0,3
Tryptofan (Trp)	<0,10	-	2,5	0,1	2,4	0,1	1,8	0	2,5	0
Isoleucin (Ile)	<0,35	-	8,1	0,2	8,3	0,2	7,8	0,1	6,9	0,3
Leucin (Leu)	0,19	0,01	14,1	0,3	14,3	0,2	14,5	0,1	11,2	0,5
Histidin (His)	<0,20	-	4,7	0,1	4,7	0,1	5	0	4,3	0,2
Fenylalanin (Phe)	<0,31	-	9,3	0,2	9,5	0,1	8,4	0,1	7,8	0,4
Tyrosin (Tyr)	<0,23	-	5,5	0,1	5,6	0,1	5,5	0,1	3,9	0,3
Phe + Tyr	-	-	14,8	0,3	15,1	0,2	14	0,2	11,7	0,6
Valin (Val)	<0,16	-	8,7	0,2	8,8	0,2	9	0	8,6	0,4
Arginin (Arg)	<0,10	-	12,5	0,4	12,6	0,2	16,5	0,2	13,3	0,6
Alanin (Ala)	<0,15	-	8,1	0,2	8,2	0,1	8,3	0	7,8	0,4
Asparaginsyre (Asp+Asn)	<0,17	-	21,2	0,4	21,4	0,3	21,9	0,1	16	0,7
Glutaminsyre (Glu+Gln)	0,28	0,04	33,6	0,9	33,8	0,5	32,8	0,2	33,2	1,6
Glycin (Gly)	<0,19	-	7,9	0,2	7,9	0,1	8,3	0	10,7	0,5
Prolin (Pro)	<0,20	-	9,1	0,2	9,2	0,2	8,2	0,1	7,3	0,4
Serin (Ser)	<0,16	-	9,4	0,2	9,6	0,2	9,7	0,1	7,7	0,4

¹ Sum af alle analyserede aminosyrer

² Sum af Lys, Met, Thr, Trp, Ile, Leu, His, Phe, Val

³ Sum af Cys, Tyr, Arg, Ala, Asp+Asn, Glu+Gln, Gly, Pro, Ser

Appendiks 5 (Næringsstofindhold i ileumindhold)

Tabel A5a. Analyseret indhold af næringsstoffer i ileumindhold fra Forsøg-1. Indhold angivet i g pr. kg tørstof medmindre andet er vist. Gennemsnit og spredning (SD) på baggrund af 1 dobbeltbestemmelse pr. prøve. Tilsvarende resultater fra Forsøg-2 vises i Tabel A5b på næste side.

	Forsøg-1									
	N-Fri-1		Sojaskrå-1		Hestebønne		Rapsskrå		Ærter	
	Gr. 1-1		Gr. 1-2		Gr. 1-3		Gr. 1-4		Gr. 1-5	
	Gns.	SD	Gns.	SD	Gns.	SD	Gns.	SD	Gns.	SD
Gentagelser (n)	16		15		15		16		15	
Yttrium	1,77	0,4	1,62	0,2	1,14	0,2	1,17	0,1	1,14	0,2
Tørstof	134	39	85	16	115	46	115	33	106	23
Råaske	211	45	215	26	158	21	189	10	161	26
Organisk stof	789	45	785	26	842	21	811	10	839	26
Råprotein	94	37	189	23	162	26	179	15	150	22
Totale aminosyrer ¹	75	36	160	24	128	22	138	13	127	22
Essentielle aminosyrer ²	20	5	55	5	45	9	52	4	47	6
Ikke-essentielle aminosyrer ³	55	32	105	20	83	14	86	10	80	17
Lysin (Lys)	2,9	0,8	8,3	1,1	7	1,4	8,5	0,6	7,6	0,8
Methionin (Met)	0,7	0,2	1,7	0,2	1,3	0,2	1,8	0,2	1,4	0,2
Cystein + Cystin (Cys)	1,6	0,5	3,9	0,5	3,4	0,6	4,2	0,5	3,3	0,5
Met + Cys	2,4	0,7	5,5	0,7	4,7	0,7	6	0,6	4,7	0,6
Treonin (Thr)	3,6	0,9	8,3	0,8	6,2	1	8,4	0,6	6,5	0,9
Tryptofan (Trp)	1	0,3	2,4	0,3	1,9	0,3	2,3	0,2	2	0,2
Isoleucin (Ile)	1,9	0,5	5,9	0,6	5	1	5,6	0,4	5,2	0,7
Leucin (Leu)	3,5	1,1	10,7	1,1	8,7	1,8	9,1	0,7	9	1,2
Histidin (His)	1,3	0,4	3,3	0,3	3,1	0,6	2,9	0,2	2,7	0,4
Fenylalanin (Phe)	2	0,6	6,7	0,6	5,2	1,1	5,1	0,4	5,7	0,9
Tyrosin (Tyr)	1,6	0,4	4,7	0,5	4,4	0,9	4,3	0,3	4	0,5
Phe + Tyr	3,6	1,0	11,4	1,1	9,6	2,0	9,3	0,7	9,7	1,5
Valin (Val)	2,9	0,8	7,6	0,7	6,4	1,2	7,9	0,5	6,8	0,9
Arginin (Arg)	3,2	1,9	7	1,1	7,2	1,4	5,9	0,7	6	1,1
Alanin (Ala)	3,9	1,3	8,5	1,0	7	1,2	7,1	0,7	7	1,0
Asparaginsyre (Asp+Asn)	5,4	1,6	17,4	2,1	12,8	2,6	12,7	0,9	14,1	2,0
Glutaminsyre (Glu+Gln)	6,3	2,2	24,8	5,6	17,4	4,2	16,4	1,7	18	4,4
Glycin (Gly)	7,8	4,3	12,6	2,5	9,7	1,4	10,8	1,3	8,9	2,1
Prolin (Pro)	21,7	20,8	18,4	12,1	14,5	6,4	17,3	6,7	11,3	7,3
Serin (Ser)	3,6	1,0	8,3	0,8	6,8	1,2	7,7	0,5	7,2	1,0

¹ Sum af alle analyserede aminosyrer

² Sum af Lys, Met, Thr, Trp, Ile, Leu, His, Phe, Val

³ Sum af Cys, Tyr, Arg, Ala, Asp+Asn, Glu+Gln, Gly, Pro, Ser

Tabel A5b. Analyseret indhold af næringsstoffer i ileumindhold fra Forsøg-2. Indhold angivet i g pr. kg tørstof medmindre andet er vist. Gennemsnit og spredning (SD) på baggrund af 1 dobbeltbestemmelse pr. prøve. Tilsvarende resultater fra Forsøg-1 vises i Tabel A5a på forrige side.

	Forsøg-2									
	N-Fri-2		Sojaskrå-2		Sojaskrå-3		Afskallet Hestebønne		Solsikkeskrå	
	Gr. 2-1		Gr. 2-2		Gr. 2-3		Gr. 2-4		Gr. 2-5	
	Gns.	SD	Gns.	SD	Gns.	SD	Gns.	SD	Gns.	SD
Gentagelser (n)	19		16		15		13		15	
Yttrium	2,23	0,7	1,94	0,2	1,87	0,2	1,69	0,2	1,1	0,1
Tørstof	97	26	73	8	70	5	94	21	88	11
Råaske	194	59	186	11	185	12	156	22	149	8
Organisk stof	806	59	814	11	815	12	844	22	851	8
Råprotein	96	30	183	13	200	15	226	29	151	10
Totale aminosyrer ¹	72	25	150	12	167	15	174	25	112	10
Essentielle aminosyrer ²	23	6	54	4	60	5	64	9	41	3
Ikke-essentielle aminosyrer ³	49	21	95	9	107	11	110	18	71	8
Lysin (Lys)	3,6	1,1	8	0,7	9,1	0,9	10	1,7	5,5	0,4
Methionin (Met)	0,9	0,3	1,8	0,2	1,8	0,3	1,9	0,2	1,7	0,3
Cystein + Cystin (Cys)	2,1	0,9	3,6	0,2	4	0,5	4,5	0,3	2,5	0,2
Met + Cys	3	1,1	5,4	0,2	5,8	0,7	6,4	0,5	4,2	0,3
Treonin (Thr)	4,1	1,2	8,4	0,5	8,9	0,6	8,7	1	6,2	0,3
Tryptofan (Trp)	1,1	0,3	2,4	0,2	2,6	0,2	2,7	0,3	2	0,2
Isoleucin (Ile)	2,3	0,6	5,8	0,5	6,4	0,7	7,4	1	4,6	0,4
Leucin (Leu)	4	1	10,4	0,9	11,5	1	12,5	2	7,5	0,5
Histidin (His)	1,4	0,4	3,2	0,2	3,7	0,4	4	0,7	2,8	0,2
Fenylalanin (Phe)	2,3	0,7	6,6	0,6	7,3	0,6	7,7	1,2	4,7	0,4
Tyrosin (Tyr)	1,9	0,5	4,6	0,4	5	0,5	5,9	0,7	3,1	0,3
Phe + Tyr	4,2	1,2	11,2	1	12,3	1	13,6	1,9	7,8	0,7
Valin (Val)	3,3	0,9	7,6	0,6	8,3	0,7	9,3	1,2	6,2	0,4
Arginin (Arg)	3,1	1,3	5,9	0,8	6,8	0,9	10,2	2,2	4,9	0,6
Alanin (Ala)	4,3	1,2	8,7	0,8	9,4	0,9	9,9	1	6,5	0,5
Asparaginsyre (Asp+Asn)	6,2	1,8	16,8	1,1	19,1	1,5	18,1	3	11,5	0,7
Glutaminsyre (Glu+Gln)	7	1,9	23,7	3,5	27	3,7	22,6	4,7	14	1,2
Glycin (Gly)	7,2	2,9	10,9	1,4	12,2	1,7	12,1	2,1	12,1	0,8
Prolin (Pro)	13,6	12,5	13,5	5,3	15	6,9	17,2	10,6	9,8	4,5
Serin (Ser)	3,946	1,3	7,825	0,5	8,544	0,7	9,64	1,2	6,715	0,4

¹ Sum af alle analyserede aminosyrer

² Sum af Lys, Met, Thr, Trp, Ile, Leu, His, Phe, Val

³ Sum af Cys, Tyr, Arg, Ala, Asp+Asn, Glu+Gln, Gly, Pro, Ser

Appendiks 6 (Basal endogen tab)

Table A6. Basalt endogen tab af råprotein og aminosyrer ved ileum (BETi) målt i Forsøg-1, Forsøg-2, et tidligere pilotforsøg, samt et vægtet gennemsnit i forhold til antal gentagelser i hvert af de tre forsøg (Reference-BETi). Tabellen viser gennemsnitlig BETi og standardafvigelse. Værdierne er angivet i g pr. kg tørstofindtag. Til sammenligning vises gennemsnitlig BETi fra 14 publicerede studier.

	Forsøg-1		Forsøg-2		Pilotforsøg ⁴		Reference-BETi ⁵	Litteratur ⁶
	(SEGES Innovation)		(SEGES Innovation)		(SEGES Innovation)		(gennemsnit af SEGES Innovation)	(14 internationale studier)
Gentagelser (n)	18		20		7		45	-
Råprotein	23,7	8,3	19,4	5,5	18,2	1,7	21	19,3
Totale aminosyrer ¹	18,8	7,7	14,5	4,3	14,4	1,3	16,2	13
Essentielle aminosyrer ²	5,1	1,4	4,7	1,4	4,3	0,6	4,8	3,2
Ikke-essentielle aminosyrer ³	13,7	6,8	9,8	3,2	10	1,3	11,4	10
Lysin (Lys)	0,734	0,223	0,723	0,233	0,624	0,104	0,712	0,423
Methionin (Met)	0,183	0,049	0,17	0,064	0,159	0,028	0,174	0,11
Cystein + Cystin (Cys)	0,415	0,111	0,435	0,22	0,273	0,046	0,401	0,258
Met + Cys	0,598	0,151	0,605	0,251	0,432	0,056	0,575	0,367
Treonin (Thr)	0,929	0,249	0,852	0,289	0,906	0,162	0,891	0,574
Tryptofan (Trp)	0,248	0,078	0,231	0,077	-	-	0,239	0,167
Isoleucin (Ile)	0,497	0,131	0,476	0,142	0,432	0,068	0,477	0,341
Leucin (Leu)	0,896	0,269	0,815	0,245	0,78	0,111	0,842	0,550
Histidin (His)	0,319	0,099	0,28	0,088	0,267	0,026	0,294	0,224
Fenylalanin (Phe)	0,514	0,146	0,472	0,136	0,476	0,069	0,489	0,343
Tyrosin (Tyr)	0,416	0,103	0,389	0,117	0,339	0,052	0,392	0,308
Phe + Tyr	0,929	0,247	0,861	0,253	0,815	0,12	0,881	0,651
Valin (Val)	0,75	0,215	0,683	0,208	0,685	0,098	0,71	0,457
Arginin (Arg)	0,795	0,338	0,607	0,197	0,578	0,058	0,678	0,692
Alanin (Ala)	1,001	0,344	0,873	0,257	0,898	0,124	0,928	0,661
Asparaginsyre (Asp+Asn)	1,368	0,325	1,257	0,38	1,11	0,145	1,278	0,822
Glutaminsyre (Glu+Gln)	1,589	0,495	1,415	0,411	1,345	0,173	1,474	0,962
Glycin (Gly)	1,952	0,95	1,455	0,529	1,741	0,354	1,698	1,630
Prolin (Pro)	5,29	4,416	2,525	1,83	3,008	1,243	3,706	3,804
Serin (Ser)	0,921	0,243	0,804	0,271	0,752	0,119	0,843	0,884

¹ Sum af alle analyserede aminosyrer

² Sum af Lys, Met, Thr, Trp, Ile, Leu, His, Phe, Val

³ Sum af Cys, Tyr, Arg, Ala, Asp+Asn, Glu+Gln, Gly, Pro, Ser

⁴ Pilotforsøg med 7 gentagelser af basalt endogent tab af protein og aminosyrer ved ileum gennemført i SEGES Innovation.

⁵ Vægtet gennemsnit på baggrund af antal gentagelser i Forsøg-1, Forsøg-2 og Pilotforsøg.

⁶ Gennemsnit af litteraturværdier - referencer:[26], [27], [28], [29], [30], [31], [32], [33], [34], [35], [36], [37], [38].

Appendiks 7 (Tilsyneladende ileale fordøjeligheder)

Tabel A7a. Tilsyneladende ileale fordøjeligheder (AID, %) af råprotein og aminosyrer målt i Forsøg-1 efterfulgt af konfidensinterval (95 % CI) og signifikansgruppe indikeret med hævede bogstaver.

	Forsøg-1			
	Sojaskrå-1	Hestebønne	Rapsskrå	Ærter
	Gr. 1-2	Gr. 1-3	Gr. 1-4	Gr. 1-5
Gentagelser	15	15	16	15
Råprotein	67 63 - 70 ^A	63 60 - 66 ^B	55 52 - 58 ^C	64 60 - 67 ^{AB}
Totale aminosyrer ¹	72 69 - 75 ^A	67 64 - 70 ^B	61 58 - 64 ^C	67 64 - 70 ^B
Essentielle aminosyrer ²	74 72 - 77 ^A	69 66 - 72 ^B	63 60 - 66 ^C	68 65 - 71 ^B
Ikke-essentielle aminosyrer ³	70 66 - 74 ^A	66 62 - 70 ^A	60 56 - 64 ^B	66 63 - 70 ^A
Lysin (Lys)	78 75 - 80 ^A	75 72 - 77 ^B	62 60 - 64 ^C	75 73 - 78 ^{AB}
Methionin (Met)	78 74 - 81 ^A	57 54 - 61 ^C	76 73 - 79 ^A	64 61 - 68 ^B
Cystein + Cystin (Cys)	55 50 - 61 ^A	35 30 - 40 ^C	51 46 - 56 ^{AB}	46 41 - 51 ^B
Met + Cys	66 62 - 70 ^A	43 39 - 47 ^C	63 59 - 67 ^A	53 49 - 57 ^B
Treonin (Thr)	64 60 - 67 ^A	59 56 - 62 ^B	53 50 - 56 ^C	59 56 - 62 ^B
Tryptofan (Trp)	67 63 - 71 ^A	45 41 - 49 ^C	53 49 - 56 ^B	45 41 - 49 ^C
Isoleucin (Ile)	77 74 - 80 ^A	70 67 - 72 ^B	62 59 - 65 ^C	68 65 - 71 ^B
Leucin (Leu)	76 73 - 79 ^A	72 69 - 75 ^B	66 64 - 69 ^C	69 66 - 72 ^C
Histidin (His)	78 75 - 80 ^A	71 68 - 74 ^B	71 69 - 74 ^B	73 70 - 75 ^B
Fenylalanin (Phe)	76 73 - 79 ^A	70 67 - 73 ^B	67 64 - 69 ^B	70 67 - 73 ^B
Tyrosin (Tyr)	73 70 - 76 ^A	64 60 - 67 ^B	57 54 - 60 ^C	65 62 - 69 ^B
Phe + Tyr	75 72 - 78 ^A	67 64 - 70 ^B	63 60 - 66 ^C	68 65 - 71 ^B
Valin (Val)	71 68 - 74 ^A	66 63 - 69 ^B	60 57 - 63 ^C	64 61 - 67 ^B
Arginin (Arg)	82 80 - 85 ^A	80 78 - 83 ^A	73 71 - 75 ^B	81 78 - 83 ^A
Alanin (Ala)	68 65 - 71 ^A	60 57 - 63 ^B	60 57 - 63 ^B	62 59 - 65 ^B
Asparaginsyre (Asp+Asn)	74 71 - 76 ^A	73 70 - 76 ^{AB}	57 54 - 60 ^C	70 68 - 73 ^B
Glutaminsyre (Glu+Gln)	77 74 - 80 ^A	75 72 - 79 ^A	75 72 - 78 ^A	74 70 - 77 ^A
Glycin (Gly)	52 46 - 57 ^A	46 41 - 52 ^A	48 42 - 53 ^A	52 46 - 58 ^A
Prolin (Pro)	40 17 - 62 ^A	18 -4 - 41 ^A	28 6 - 51 ^A	33 11 - 56 ^A
Serin (Ser)	72 69 - 75 ^A	67 64 - 70 ^B	55 52 - 58 ^D	64 60 - 67 ^C

¹ Sum af alle analyserede aminosyrer

² Sum af Lys, Met, Thr, Trp, Ile, Leu, His, Phe, Val

³ Sum af Cys, Tyr, Arg, Ala, Asp+Asn, Glu+Gln, Gly, Pro, Ser

Table A7b. Tilsyneladende ileale fordøjeligheder (AID, %) af råprotein og aminosyrer målt i Forsøg-2 efterfulgt af konfidensinterval (95 % CI) og signifikansgruppe indikeret med hævede bogstaver.

	Forsøg-2			
	Sojaskrå-2	Sojaskrå-3	Afskallet hestebønne	Solsikkekrå
	Gr. 2-2	Gr. 2-3	Gr. 2-4	Gr. 2-5
Gentagelser	16	15	13	15
Råprotein	77 75 - 79 ^A	73 71 - 75 ^B	69 67 - 71 ^C	67 66 - 69 ^C
Totale aminosyrer ¹	81 79 - 82 ^A	77 75 - 78 ^B	74 72 - 76 ^{BC}	73 72 - 75 ^C
Essentielle aminosyrer ²	82 80 - 84 ^A	78 77 - 80 ^B	74 72 - 76 ^C	74 72 - 75 ^C
Ikke-essentielle aminosyrer ³	80 78 - 82 ^A	76 74 - 78 ^B	73 71 - 75 ^B	73 72 - 75 ^B
Lysin (Lys)	84 83 - 86 ^A	80 79 - 82 ^B	79 77 - 81 ^B	69 68 - 71 ^C
Methionin (Met)	82 81 - 84 ^{AB}	80 78 - 82 ^B	65 63 - 67 ^C	84 82 - 86 ^A
Cystein + Cystin (Cys)	66 63 - 69 ^A	59 56 - 62 ^B	48 45 - 51 ^C	63 60 - 66 ^{AB}
Met + Cys	74 72 - 76 ^A	69 67 - 71 ^B	55 52 - 57 ^C	76 74 - 78 ^A
Treonin (Thr)	73 71 - 75 ^A	69 67 - 71 ^B	66 63 - 68 ^{BC}	65 63 - 67 ^C
Tryptofan (Trp)	78 76 - 80 ^A	73 71 - 75 ^B	59 56 - 61 ^C	69 67 - 71 ^B
Isoleucin (Ile)	84 82 - 85 ^A	81 79 - 82 ^B	74 72 - 76 ^C	75 74 - 77 ^C
Leucin (Leu)	83 82 - 85 ^A	80 78 - 81 ^B	76 74 - 78 ^C	75 73 - 76 ^C
Histidin (His)	85 83 - 86 ^A	80 79 - 82 ^B	78 76 - 80 ^{BC}	75 74 - 77 ^C
Fenylalanin (Phe)	84 82 - 85 ^A	81 79 - 82 ^B	75 73 - 76 ^C	77 76 - 79 ^C
Tyrosin (Tyr)	81 79 - 83 ^A	78 76 - 80 ^B	71 69 - 73 ^C	69 68 - 71 ^C
Phe + Tyr	83 81 - 84 ^A	80 78 - 81 ^B	73 71 - 75 ^C	75 73 - 76 ^C
Valin (Val)	80 79 - 82 ^A	76 75 - 78 ^B	72 70 - 73 ^C	73 71 - 74 ^C
Arginin (Arg)	89 88 - 91 ^A	86 85 - 88 ^B	83 82 - 85 ^C	86 85 - 87 ^B
Alanin (Ala)	75 74 - 77 ^A	71 69 - 73 ^B	67 65 - 69 ^C	68 66 - 70 ^{BC}
Asparaginsyre (Asp+Asn)	82 80 - 83 ^A	78 76 - 79 ^B	77 75 - 79 ^B	73 71 - 74 ^C
Glutaminsyre (Glu+Gln)	84 82 - 86 ^A	80 78 - 82 ^B	81 79 - 83 ^{AB}	84 82 - 86 ^A
Glycin (Gly)	68 65 - 72 ^A	62 58 - 65 ^B	59 56 - 63 ^B	56 53 - 60 ^B
Prolin (Pro)	67 55 - 79 ^A	59 46 - 71 ^{AB}	49 35 - 64 ^{AB}	47 34 - 60 ^B
Serin (Ser)	81 79 - 83 ^A	78 76 - 79 ^B	72 71 - 74 ^C	67 65 - 69 ^D

¹ Sum af alle analyserede aminosyrer

² Sum af Lys, Met, Thr, Trp, Ile, Leu, His, Phe, Val

³ Sum af Cys, Tyr, Arg, Ala, Asp+Asn, Glu+Gln, Gly, Pro, Ser

Appendiks 8 (Standardiserede ileale fordøjeligheder)

Tablet A8a. Standardiserede ileale fordøjeligheder (SID, %) af råprotein og aminosyrer målt i Forsøg-1 efterfulgt af konfidensinterval for SID (95 % CI). Signifikansgruppe for sammenligning af fodermidler er indikeret med hævdede bogstaver.

Gentagelser	Forsøg-1			
	Sojaskrå-1	Hestebønne	Rapsskrå	Ærter
	Gr. 1-2	Gr. 1-3	Gr. 1-4	Gr. 1-5
Gentagelser	15	15	16	15
Råprotein	80 77 - 83 A	74 71 - 78 B	68 65 - 71 C	76 72 - 79 B
Totale aminosyrer ¹	82 79 - 85 A	77 74 - 80 B	72 69 - 76 C	77 74 - 80 B
Essentielle aminosyrer ²	82 80 - 85 A	77 74 - 80 B	71 69 - 74 C	76 73 - 79 B
Ikke-essentielle aminosyrer ³	82 78 - 86 A	77 73 - 81 B	73 69 - 77 C	78 74 - 82 AB
Lysin (Lys)	85 82 - 87 A	81 79 - 83 B	70 67 - 72 C	81 78 - 83 B
Methionin (Met)	86 82 - 89 A	71 68 - 75 B	82 79 - 85 A	75 71 - 78 B
Cystein + Cystin (Cys)	72 67 - 77 A	53 48 - 59 C	63 58 - 68 B	62 57 - 67 B
Met + Cys	78 74 - 83 A	60 56 - 64 D	72 68 - 76 B	67 63 - 71 C
Treonin (Thr)	77 74 - 80 A	73 70 - 76 B	65 62 - 68 C	72 69 - 75 B
Tryptofan (Trp)	79 75 - 83 A	62 58 - 66 B	65 61 - 68 B	61 57 - 65 B
Isoleucin (Ile)	83 81 - 86 A	77 74 - 79 B	70 67 - 73 C	75 72 - 77 B
Leucin (Leu)	83 80 - 85 A	79 76 - 81 B	74 71 - 76 C	76 73 - 79 BC
Histidin (His)	85 82 - 87 A	78 75 - 80 B	78 76 - 81 B	80 77 - 82 B
Fenylalanin (Phe)	82 79 - 85 A	77 74 - 80 B	74 72 - 77 B	76 73 - 79 B
Tyrosin (Tyr)	81 78 - 84 A	72 68 - 75 B	67 64 - 70 C	73 70 - 77 B
Phe + Tyr	82 79 - 85 A	75 71 - 78 B	71 68 - 74 B	75 72 - 78 B
Valin (Val)	81 78 - 84 A	75 72 - 78 B	69 66 - 72 C	73 70 - 76 B
Arginin (Arg)	88 86 - 91 A	85 82 - 87 B	81 78 - 83 C	86 83 - 88 AB
Alanin (Ala)	80 77 - 83 A	73 70 - 76 B	73 70 - 76 B	74 71 - 77 B
Asparaginsyre (Asp+Asn)	81 78 - 83 A	79 76 - 82 AB	67 65 - 70 C	77 74 - 80 B
Glutaminsyre (Glu+Gln)	82 79 - 85 A	80 77 - 84 A	81 77 - 84 A	79 75 - 82 A
Glycin (Gly)	75 69 - 81 A	69 63 - 74 AB	68 62 - 73 B	74 68 - 80 AB
Prolin (Pro)	84 62 - 107 A	70 47 - 92 A	66 44 - 89 A	86 63 - 109 A
Serin (Ser)	82 79 - 85 A	77 74 - 80 B	67 64 - 70 C	74 71 - 77 B

¹ Sum af alle analyserede aminosyrer

² Sum af Lys, Met, Thr, Trp, Ile, Leu, His, Phe, Val

³ Sum af Cys, Tyr, Arg, Ala, Asp+Asn, Glu+Gln, Gly, Pro, Ser

Table A8b. Standardiserede ileale fordøjeligheder (SID, %) af råprotein og aminosyrer målt i Forsøg-2 efterfulgt af konfidensinterval for SID (95 % CI). Signifikansgruppe for sammenligning af fodermidler er indikeret med hævdede bogstaver.

	Forsøg-2			
	Sojaskrå-2	Sojaskrå-3	Afskallet Hestebønne	Solsikkekrå
	Gr. 2-2	Gr. 2-3	Gr. 2-4	Gr. 2-5
Gentagelser	16	15	13	15
Råprotein	88 87 - 90 ^A	84 82 - 86 ^B	79 77 - 81 ^C	79 77 - 81 ^C
Totale aminosyrer ¹	90 88 - 91 ^A	86 84 - 87 ^B	83 81 - 85 ^B	83 82 - 85 ^B
Essentielle aminosyrer ²	89 87 - 91 ^A	85 84 - 87 ^B	81 79 - 83 ^C	82 80 - 83 ^C
Ikke-essentielle aminosyrer ³	90 89 - 92 ^A	86 84 - 88 ^B	84 82 - 86 ^B	85 83 - 86 ^B
Lysin (Lys)	91 89 - 92 ^A	86 85 - 88 ^B	84 83 - 86 ^B	80 78 - 81 ^C
Methionin (Met)	90 88 - 92 ^A	88 86 - 89 ^A	77 75 - 79 ^B	88 87 - 90 ^A
Cystein + Cystin (Cys)	82 80 - 85 ^A	75 72 - 78 ^B	65 61 - 68 ^C	78 75 - 81 ^{AB}
Met + Cys	86 84 - 88 ^A	81 79 - 83 ^B	69 67 - 72 ^C	84 82 - 87 ^{AB}
Treonin (Thr)	86 84 - 88 ^A	81 79 - 84 ^B	78 76 - 81 ^B	78 76 - 81 ^B
Tryptofan (Trp)	88 86 - 89 ^A	83 81 - 85 ^B	72 70 - 74 ^D	79 77 - 81 ^C
Isoleucin (Ile)	90 88 - 91 ^A	86 85 - 88 ^B	80 78 - 82 ^C	82 80 - 84 ^C
Leucin (Leu)	89 88 - 91 ^A	86 84 - 87 ^B	82 80 - 84 ^C	82 80 - 84 ^C
Histidin (His)	91 89 - 92 ^A	87 85 - 88 ^B	84 82 - 86 ^{BC}	82 81 - 84 ^C
Fenylalanin (Phe)	89 88 - 91 ^A	86 84 - 87 ^B	81 79 - 82 ^C	84 82 - 85 ^B
Tyrosin (Tyr)	88 86 - 90 ^A	85 83 - 87 ^B	78 76 - 80 ^C	79 78 - 81 ^C
Phe + Tyr	89 87 - 90 ^A	85 84 - 87 ^B	79 78 - 81 ^C	82 81 - 84 ^C
Valin (Val)	88 87 - 90 ^A	84 83 - 86 ^B	79 78 - 81 ^C	81 79 - 82 ^C
Arginin (Arg)	95 93 - 96 ^A	92 90 - 93 ^B	87 86 - 89 ^C	91 90 - 92 ^B
Alanin (Ala)	87 85 - 89 ^A	82 80 - 84 ^B	78 76 - 81 ^C	80 78 - 82 ^{BC}
Asparaginsyre (Asp+Asn)	88 86 - 89 ^A	83 82 - 85 ^B	83 81 - 85 ^{BC}	81 79 - 82 ^C
Glutaminsyre (Glu+Gln)	88 86 - 90 ^A	84 82 - 86 ^B	85 83 - 88 ^{AB}	89 87 - 91 ^A
Glycin (Gly)	90 87 - 93 ^A	83 80 - 86 ^B	80 76 - 84 ^B	72 69 - 75 ^C
Prolin (Pro)	107 95 - 120 ^A	99 86 - 112 ^A	94 80 - 109 ^A	98 85 - 110 ^A
Serin (Ser)	90 88 - 92 ^A	86 85 - 88 ^B	81 79 - 83 ^C	78 76 - 80 ^D

¹ Sum af alle analyserede aminosyrer

² Sum af Lys, Met, Thr, Trp, Ile, Leu, His, Phe, Val

³ Sum af Cys, Tyr, Arg, Ala, Asp+Asn, Glu+Gln, Gly, Pro, Ser

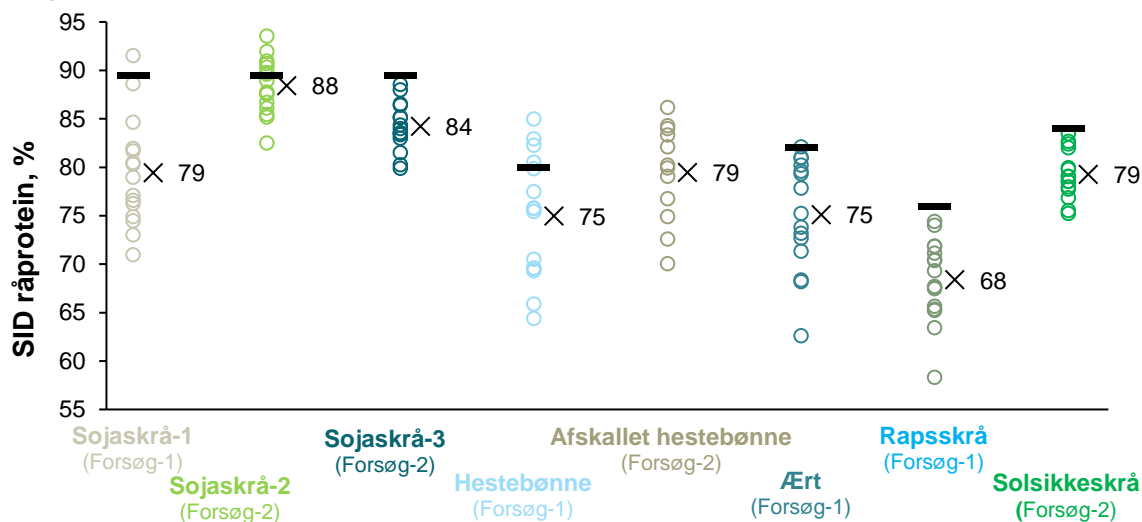
Table A8c. Tabelværdier fra SEGES Innovations Fodermiddeltabel for standardiserede ileale fordøjeligheder (SID) af råprotein og essentielle aminosyrer for de råvarer, der er anvendt i Forsøg-1 og Forsøg-2.

	Forsøg-1				Forsøg-2			
	Sojaskrå-1 (Afskallet, toasted)	Hestebønner	Rapskrå	Ærter	Sojaskrå-2 (afskallet, toasted, middel protein)	Sojaskrå-3 (afskallet, toasted, højt protein)	Afskallet hestebønne	Solsikkekrå (afskallet)
	2019	2012, 2014, 2015, 2016	2019	2017	2023	2023		2023
Råprotein	89,5	80	76	82	89,5	89,5	-	84
Lysin (Lys)	90,4	83,2	76,8	83,6	90,4	90,4	-	80,6
Methionin (Met)	93,1	75,2	86,6	80,4	93,1	93,1	-	89
Cystein + Cystin (Cys)	84,1	75,2	81,3	69,7	84,1	84,1	-	84,8
Treonin (Thr)	87,7	78,4	76	76,3	87,7	87,7	-	82,3
Tryptofan (Trp)	92,2	74,4	75,2	73	92,2	92,2	-	84,8
Isoleucin (Ile)	90,4	79,2	78,3	80,4	90,4	90,4	-	83,2
Leucin (Leu)	90,4	82,4	81,3	77,9	90,4	90,4	-	83,2
Histidin (His)	91,3	84	82,8	82,8	91,3	91,3	-	84,8
Fenylalanin (Phe)	90,4	80	81,3	82	90,4	90,4	-	84,8
Tyrosin (Tyr)	90,4	76,8	79	77,9	90,4	90,4	-	83,2
Valin (Val)	88,6	78,4	76,8	77,1	88,6	88,6	-	82,3
Essentielle aminosyrer ¹	90,1	80,7	79,2	79,9	90,1	90,1	-	83,5

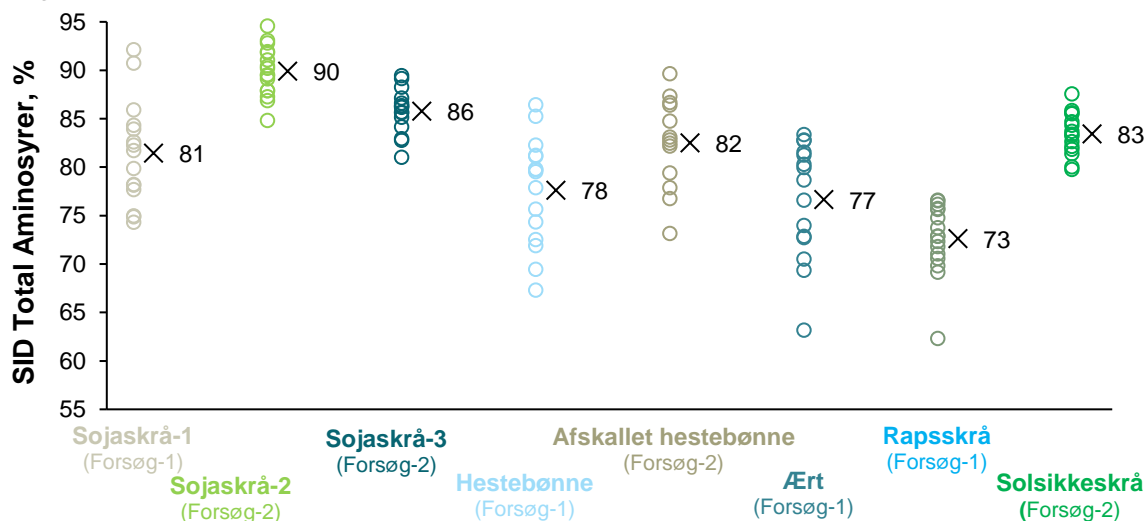
¹ Vægtet gennemsnit af Lys, Met, Thr, Trp, Ile, Leu, His, Phe, Val

Figur A8–a til A8–m. Standardiserede ileale fordøjeligheder af råprotein, totale aminosyrer, essentielle aminosyrer og ikke-essentielle aminosyrer for de 8 råvarer der indgik i Forsøg-1 og Forsøg-2. Individuelle fordøjelighedsbestemmelser er vist med cirkler, gennemsnitlig fordøjelighed er vist med kryds og tabelværdier fra Seges Innovations Fodermiddeltabel er vist med vandret streg.

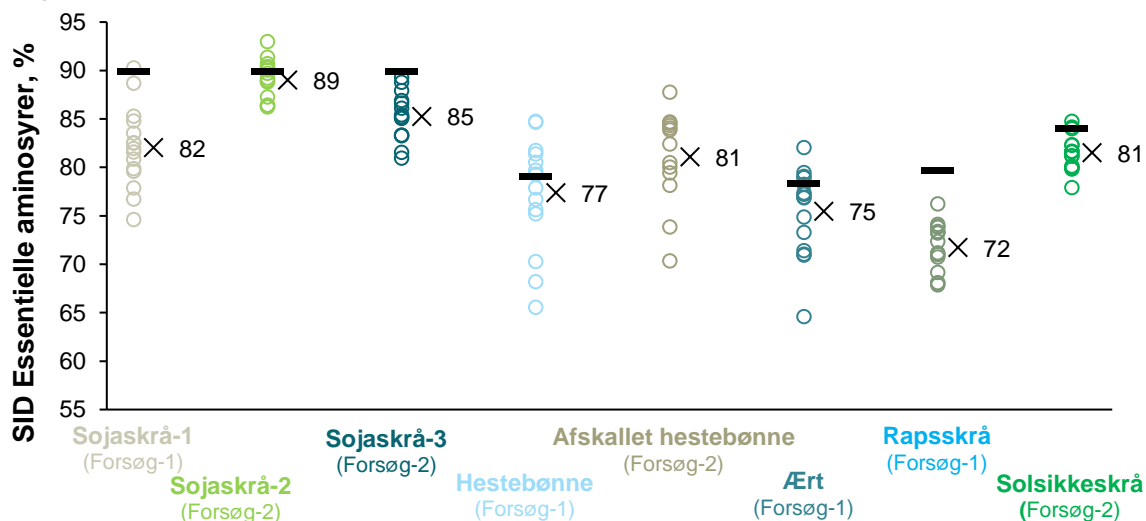
Figur A8-a



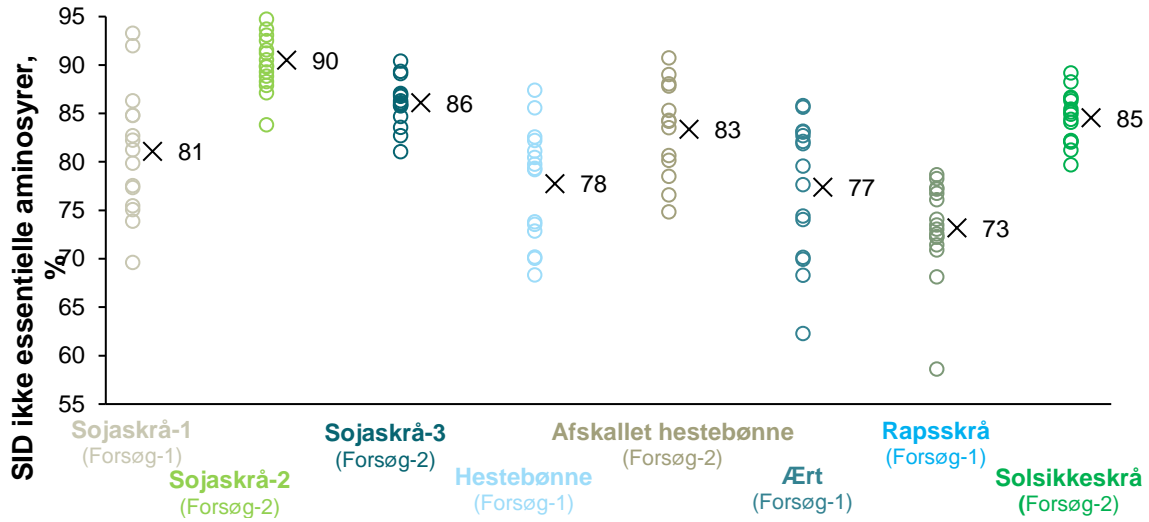
Figur A8-b



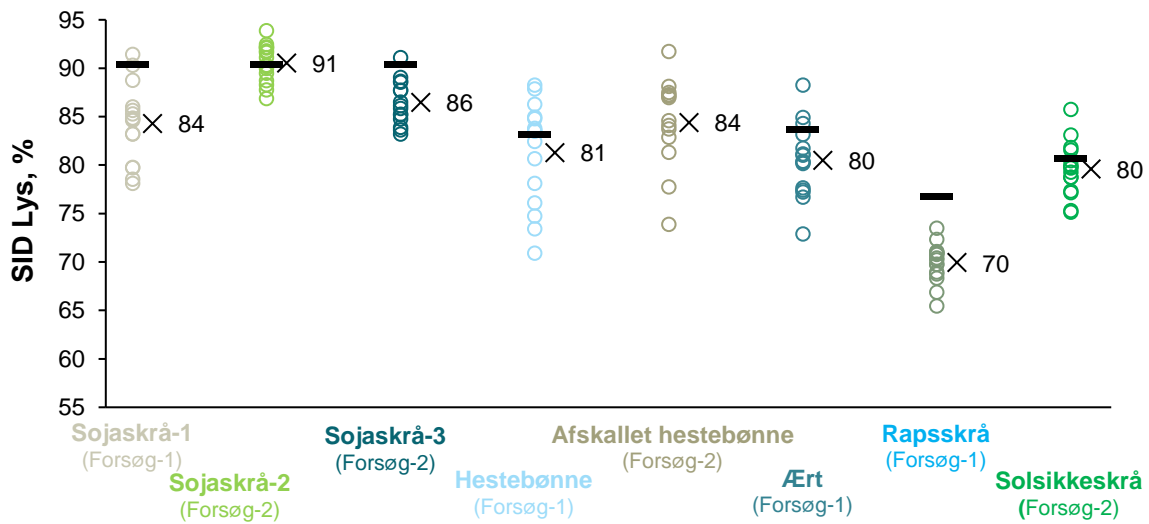
Figur A8-c



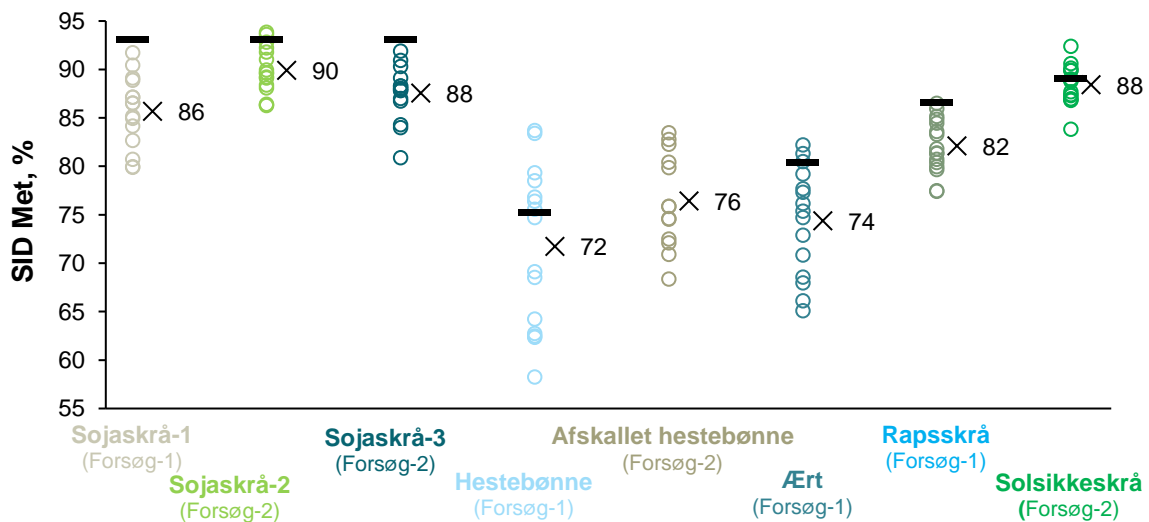
Figur A8-d



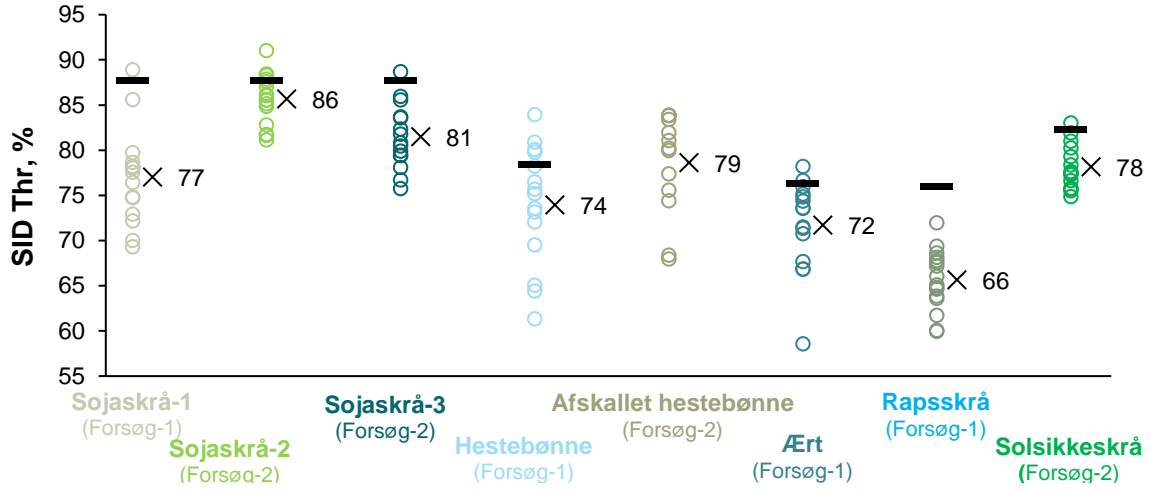
Figur A8-e



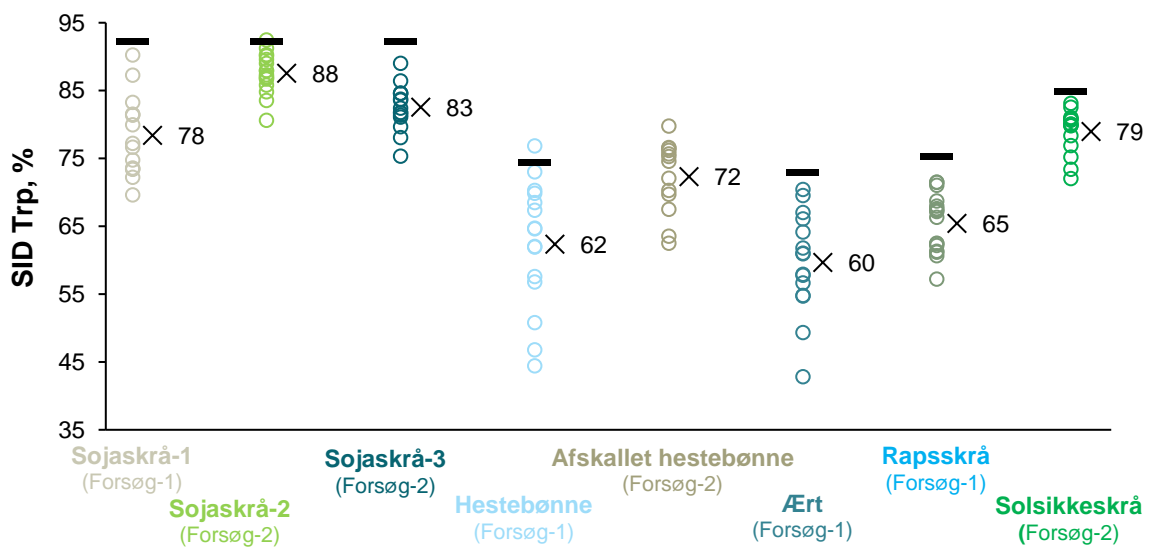
Figur A8-f



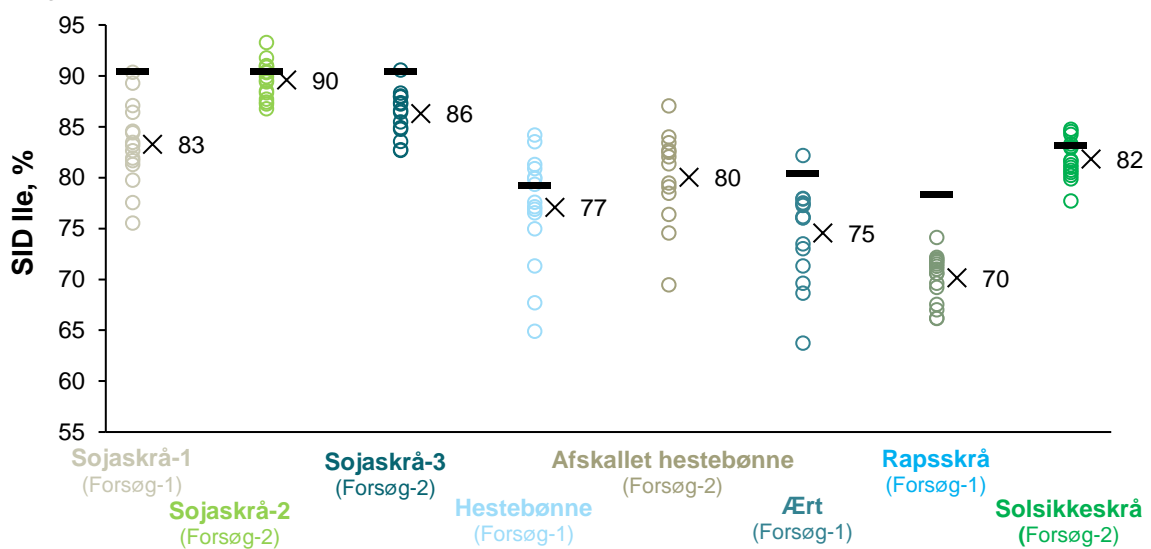
Figur A8-g



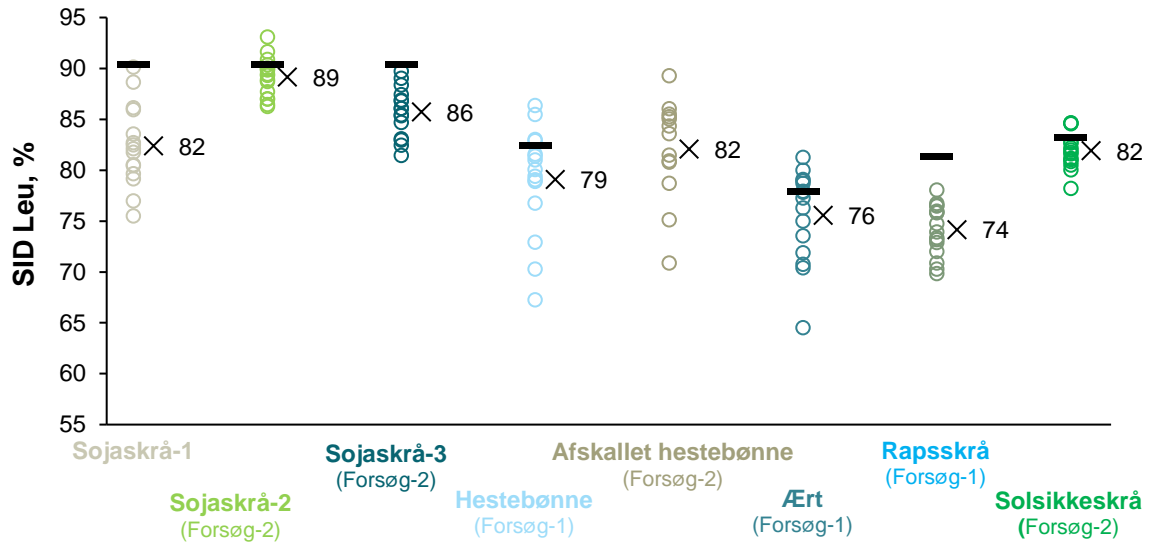
Figur A8-h



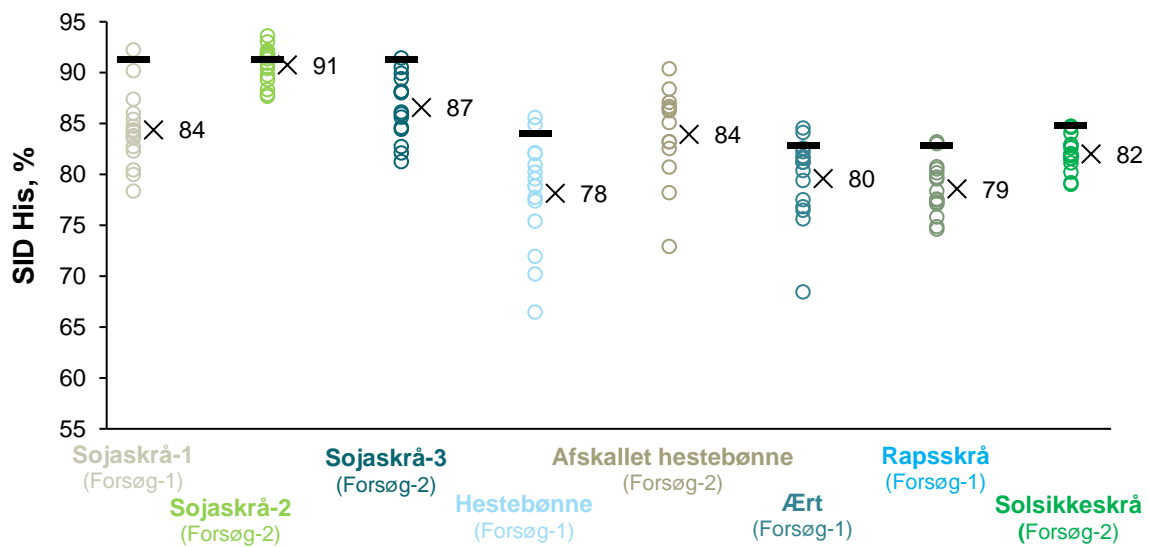
Figur A8-i



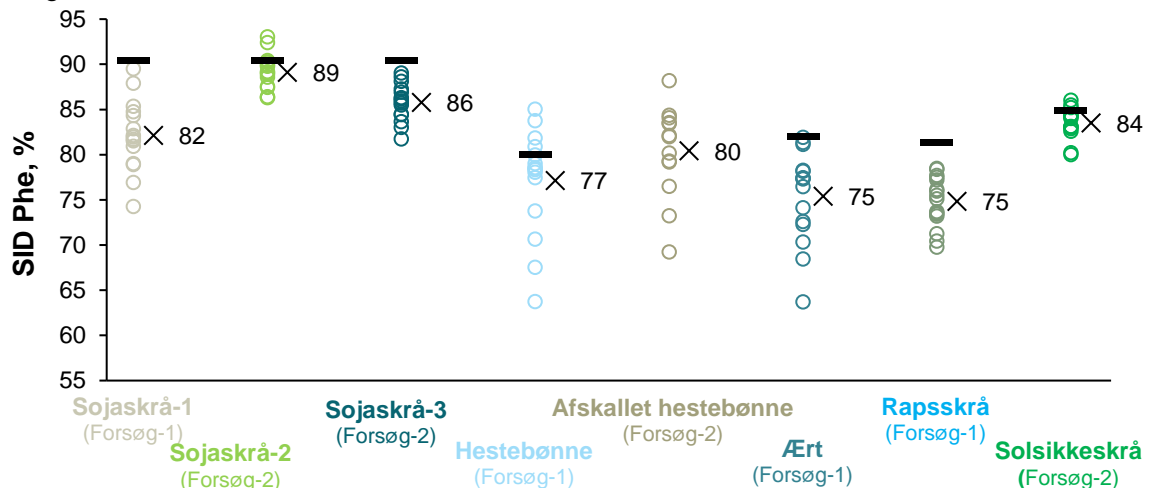
Figur A8-j



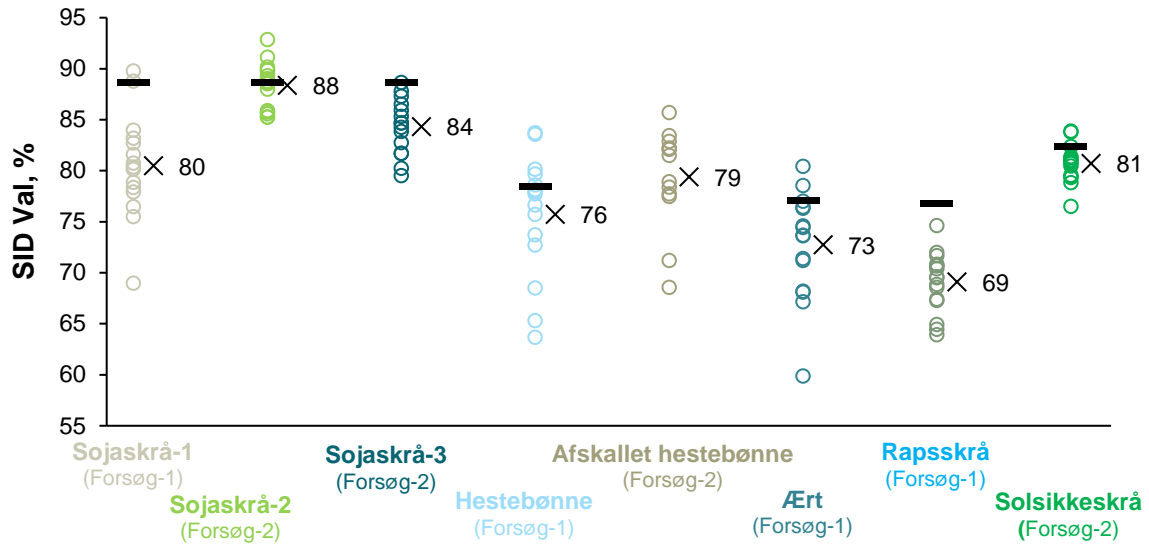
Figur A8-k



Figur A8-l



Figur A8-m



Appendiks 9 (SID råprotein og aminosyrer ift. grisenes vægt)

Tablet A9a. Sammenhæng mellem standardiserede ileale fordøjeligheder (SID, %) af råprotein og aminosyrer og grisenes vægt ved prøveopsamling (hældning: %-point pr. kg). P-værdi er test af hypotese om, at hældningen er 0,00 %-point/kg.

Næringsstof	Forsøg-1							
	Sojaskrå-1		Hestebønne		Rapsskrå		Ærter	
	Gr. 1-2		Gr. 1-3		Gr. 1-4		Gr. 1-5	
	%-point pr. kg	P-værdi	%-point pr. kg	P-værdi	%-point pr. kg	P-værdi	%-point pr. kg	P-værdi
Gentagelser	15		15		16		15	
Råprotein	-0,31	0,13	0,36	0,03	0,25	0,14	0,63	0,001
Totale aminosyrer ¹	-0,3	0,12	0,35	0,03	0,18	0,27	0,55	0,003
Essentielle aminosyrer ²	-0,27	0,11	0,32	0,02	0,16	0,24	0,36	0,02
Ikke-essentielle aminosyrer ³	-0,34	0,13	0,33	0,07	0,15	0,43	0,63	0,003
Lysin (Lys)	-0,27	0,07	0,34	0,01	0,12	0,35	0,4	0,005
Methionin (Met)	-0,2	0,35	0,4	0,02	0,11	0,54	0,31	0,11
Cystein + Cystin (Cys)	-0,22	0,46	0,7	0,01	0,63	0,02	1,04	0,001
Met + Cys	-0,25	0,31	0,54	0,01	0,36	0,09	0,71	0,003
Treonin (Thr)	-0,24	0,22	0,42	0,01	0,21	0,2	0,37	0,04
Tryptofan (Trp)	-0,17	0,49	0,72	0,0006	0,49	0,02	0,82	0,0005
Isoleucin (Ile)	-0,32	0,06	0,26	0,06	0,07	0,64	0,29	0,06
Leucin (Leu)	-0,22	0,17	0,28	0,04	0,18	0,18	0,32	0,03
Histidin (His)	-0,24	0,12	0,3	0,02	0,27	0,04	0,3	0,03
Fenylalanin (Phe)	-0,3	0,11	0,23	0,12	0,09	0,57	0,28	0,1
Tyrosin (Tyr)	-0,3	0,14	0,23	0,14	0,07	0,67	0,24	0,18
Phe + Tyr	-0,3	0,12	0,24	0,12	0,08	0,6	0,27	0,12
Valin (Val)	-0,36	0,07	0,3	0,06	0,16	0,32	0,37	0,04
Arginin (Arg)	-0,35	0,03	0,18	0,15	0,06	0,67	0,31	0,03
Alanin (Ala)	-0,26	0,16	0,48	0	0,14	0,36	0,54	0,003
Asparaginsyre (Asp+Asn)	-0,18	0,31	0,3	0,03	0,26	0,08	0,38	0,02
Glutaminsyre (Glu+Gln)	0,11	0,62	0,3	0,09	0,14	0,45	0,55	0,01
Glycin (Gly)	-0,18	0,58	0,53	0,03	0,51	0,05	1,08	0,0004
Prolin (Pro)	-3,44	0,01	-0,98	0,27	-1,09	0,24	0,81	0,42
Serin (Ser)	-0,4	0,03	0,31	0,05	0,25	0,11	0,43	0,02

¹ Sum af alle analyserede aminosyrer

² Sum af Lys, Met, Thr, Trp, Ile, Leu, His, Phe, Val

³ Sum af Cys, Tyr, Arg, Ala, Asp+Asn, Glu+Gln, Gly, Pro, Ser

Table A9b. Sammenhæng mellem standardiserede ileale fordøjeligheder (SID, %) af råprotein og aminosyrer og grisenes vægt ved prøveopsamling (hældning: %-point pr. kg). P-værdi er test af hypotese om, at hældningen er 0,00 %-point/kg.

Næringsstof	Forsøg-2							
	Sojaskrå-2		Sojaskrå-3		Afskallet Hestebønne		Solsikkeskrå	
	Gr. 2-2		Gr. 2-3		Gr. 2-4		Gr. 2-5	
	%-point pr. kg	P-værdi	%-point pr. kg	P-værdi	%-point pr. kg	P-værdi	%-point pr. kg	P-værdi
Gentagelser	16		15		13		15	
Råprotein	0,05	0,58	-0,04	0,73	0,30	0,01	0,05	0,58
Totale aminosyrer ¹	0,02	0,77	0,00	0,98	0,27	0,01	0,01	0,93
Essentielle aminosyrer ²	0,01	0,95	0,01	0,91	0,27	0,01	0,02	0,75
Ikke-essentielle aminosyrer ³	0,04	0,67	-0,01	0,94	0,26	0,03	0	1
Lysin (Lys)	0,02	0,78	0,05	0,66	0,28	0,01	0,04	0,61
Methionin (Met)	-0,02	0,81	0,01	0,92	0,17	0,13	-0,03	0,69
Cystein + Cystin (Cys)	0,16	0,27	-0,04	0,85	0,27	0,15	0,1	0,52
Met + Cys	0,08	0,45	-0,02	0,9	0,23	0,09	0,02	0,86
Treonin (Thr)	0,01	0,92	0,01	0,93	0,23	0,08	0,03	0,74
Tryptofan (Trp)	0,04	0,66	-0,03	0,8	0,35	0,005	0,17	0,08
Isoleucin (Ile)	-0,01	0,85	-0,04	0,67	0,27	0	0,02	0,78
Leucin (Leu)	0	0,99	0,02	0,85	0,28	0,01	0,02	0,75
Histidin (His)	0,03	0,7	0,03	0,73	0,27	0,01	0,02	0,81
Fenylalanin (Phe)	-0,01	0,86	0,01	0,93	0,31	0	-0,02	0,81
Tyrosin (Tyr)	-0,01	0,91	0,03	0,78	0,23	0,03	-0,03	0,69
Phe + Tyr	-0,01	0,88	0,02	0,87	0,28	0	-0,02	0,76
Valin (Val)	0,01	0,92	0,02	0,87	0,27	0,01	0,03	0,73
Arginin (Arg)	0,03	0,64	0,06	0,5	0,25	0	0,03	0,62
Alanin (Ala)	0,03	0,75	-0,05	0,7	0,22	0,09	0	0,97
Asparaginsyre (Asp+Asn)	-0,03	0,71	0,02	0,82	0,27	0,01	0	0,98
Glutaminsyre (Glu+Gln)	0	1	0,18	0,12	0,25	0,03	0,02	0,82
Glycin (Gly)	0,22	0,19	-0,02	0,91	-0,22	0,3	0,07	0,67
Prolin (Pro)	-0,24	0,67	-0,58	0,44	0,79	0,28	-0,62	0,28
Serin (Ser)	0,02	0,78	0,03	0,78	0,26	0,01	0,07	0,39

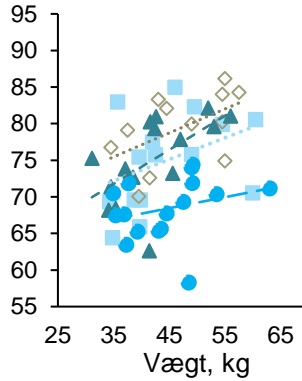
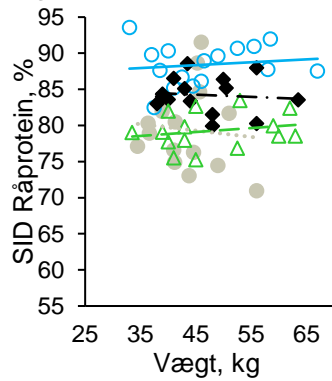
¹ Sum af alle analyserede aminosyrer

² Sum af Lys, Met, Thr, Trp, Ile, Leu, His, Phe, Val

³ Sum af Cys, Tyr, Arg, Ala, Asp+Asn, Glu+Gln, Gly, Pro, Ser

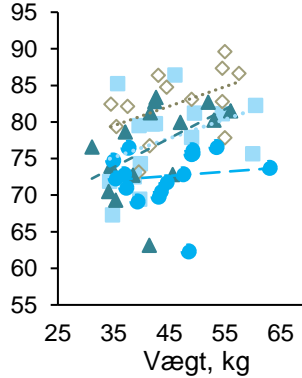
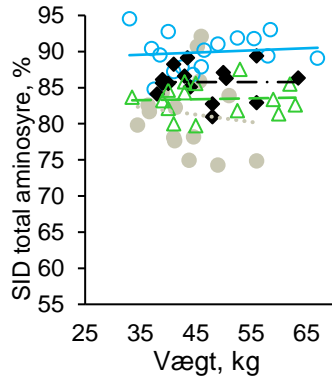
Figur A9-a til A9-m. Standardiseret ileal fordøjelighed (SID, Y-akse) i forhold til grisens vægt ved prøveopsamling (X-akse) for de 8 råvarer i Forsøg-1 og Forsøg-2. Hældningen er vist som ændring i %-point pr. kg gris. P-værdi er test af hypotesen, at hældningen er uafhængig af grisens vægt (hældning = 0 %-point/kg).

Figur A9-a



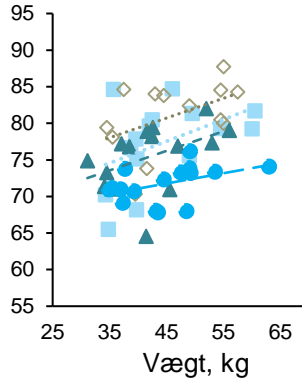
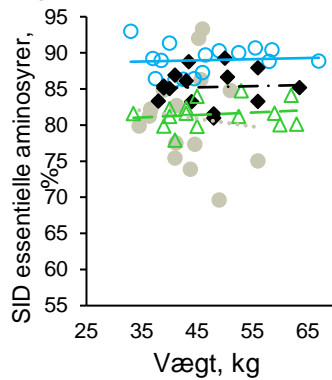
● Sojaskrå-1	-0,31 %/kg, P=0,13
○ Sojaskrå-2	0,05 %/kg, P=0,58
◆ Sojaskrå-3	-0,04 %/kg, P=0,73
△ Solsikkeskrå	0,05 %/kg, P=0,58
■ Hestbønner	0,36 %/kg, P=0,03
◇ Afskallet hestebønne	0,30 %/kg, P=0,01
▲ Ærter	0,63 %/kg, P=0,001
● Rapsskrå	0,25 %/kg, =0,14

Figur A9-b



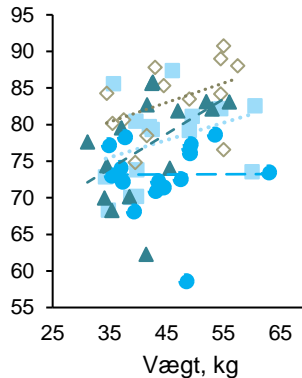
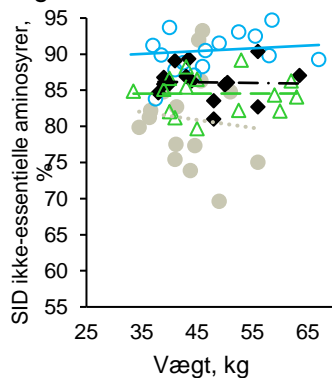
● Sojaskrå-1	-0,31 %/kg, P=0,13
○ Sojaskrå-2	0,05 %/kg, P=0,58
◆ Sojaskrå-3	-0,04 %/kg, P=0,73
△ Solsikkeskrå	0,05 %/kg, P=0,58
■ Hestbønner	0,36 %/kg, P=0,03
◇ Afskallet hestebønne	0,30 %/kg, P=0,01
▲ Ærter	0,63 %/kg, P=0,001
● Rapsskrå	0,25 %/kg, =0,14

Figur A9-c



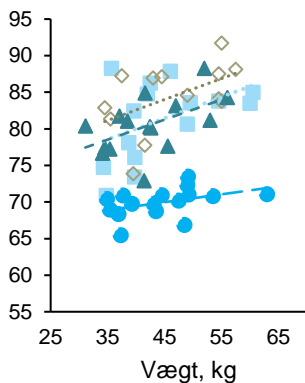
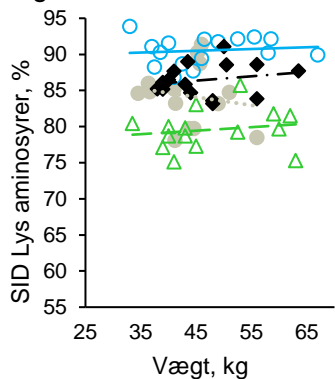
● Sojaskrå-1	-0,27 %/kg, P=0,11
○ Sojaskrå-2	0,01 %/kg, P=0,95
◆ Sojaskrå-3	0,01 %/kg, P=0,91
△ Solsikkeskrå	0,02 %/kg, P=0,75
■ Hestbønner	0,32 %/kg, P=0,02
◇ Afskallet hestebønne	0,27 %/kg, P=0,01
▲ Ærter	0,36 %/kg, P=0,02
● Rapsskrå	0,16 %/kg, =0,24

Figur A9-d



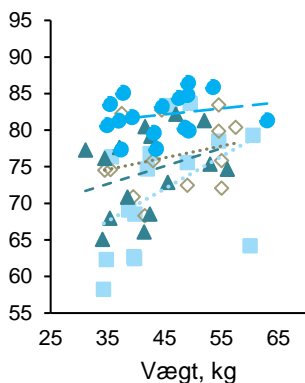
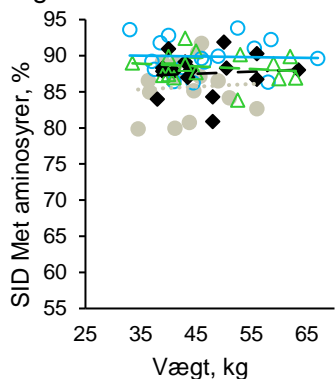
● Sojaskrå-1	-0,34 %/kg, P=0,13
○ Sojaskrå-2	0,04 %/kg, P=0,94
◆ Sojaskrå-3	-0,01 %/kg, P=1,00
△ Solsikkeskrå	0,00 %/kg, P=0,07
■ Hestbønner	0,33 %/kg, P=0,03
◇ Afskallet hestebønne	0,26 %/kg, P=0,03
▲ Ærter	0,63 %/kg, P=0,003
● Rapsskrå	0,15 %/kg, =0,43

Figur A9-e



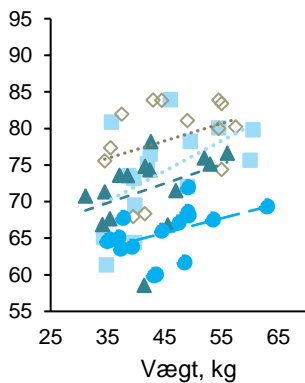
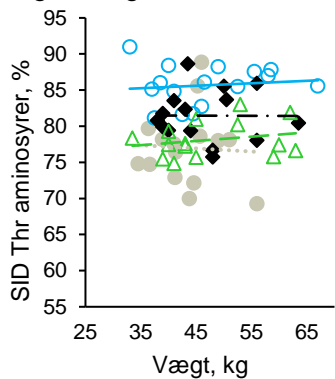
● Sojaskrå-1	-0,27 %/kg, P=0,07
○ Sojaskrå-2	0,02 %/kg, P=0,78
◆ Sojaskrå-3	0,05 %/kg, P=0,66
△ Solsikkeskrå	0,04 %/kg, P=0,61
■ Hestbønner	0,34 %/kg, P=0,01
◇ Afskallet hestebønne	0,28 %/kg, P=0,01
▲ Ærter	0,40 %/kg, P=0,005
● Rapsskrå	0,12 %/kg, =0,35

Figur A9-f



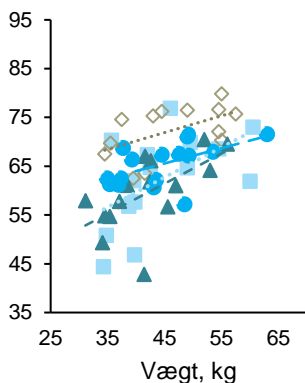
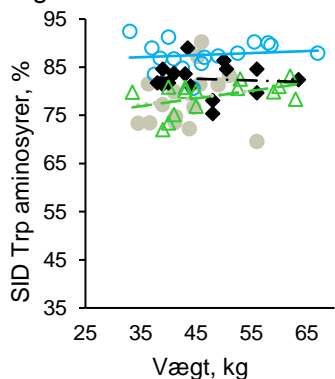
● Sojaskrå-1	-0,20 %/kg, P=0,35
○ Sojaskrå-2	0,02 %/kg, P=0,81
◆ Sojaskrå-3	0,01 %/kg, P=0,92
△ Solsikkeskrå	-0,03 %/kg, P=0,69
■ Hestbønner	0,40 %/kg, P=0,02
◇ Afskallet hestebønne	0,17 %/kg, P=0,13
▲ Ærter	0,31 %/kg, P=0,11
● Rapsskrå	0,11 %/kg, =0,54

Figur A9-g



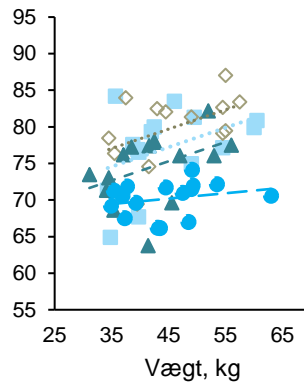
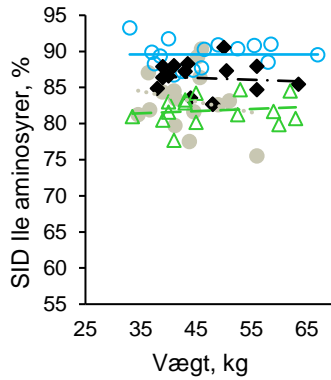
● Sojaskrå-1	-0,24 %/kg, P=0,22
○ Sojaskrå-2	0,01 %/kg, P=0,92
◆ Sojaskrå-3	0,01 %/kg, P=0,93
△ Solsikkeskrå	0,03 %/kg, P=0,74
■ Hestbønner	0,42 %/kg, P=0,01
◇ Afskallet hestebønne	0,23 %/kg, P=0,08
▲ Ærter	0,37 %/kg, P=0,04
● Rapsskrå	0,21 %/kg, =0,20

Figur A9-h



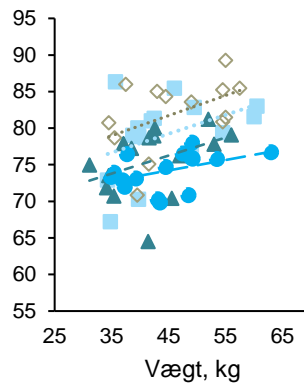
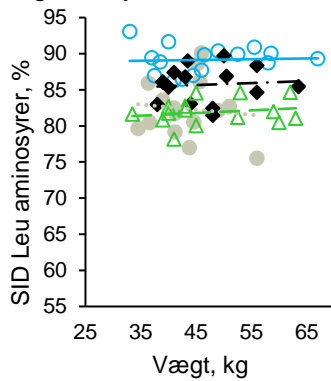
● Sojaskrå-1	-0,17 %/kg, P=0,49
○ Sojaskrå-2	0,04 %/kg, P=0,66
◆ Sojaskrå-3	-0,03 %/kg, P=0,66
△ Solsikkeskrå	0,17 %/kg, P=0,80
■ Hestbønner	0,72 %/kg, P=0,08
◇ Afskallet hestebønne	0,35 %/kg, P=0,001
▲ Ærter	0,82 %/kg, P<0,001
● Rapsskrå	0,49 %/kg, =0,02

Figur A9-i



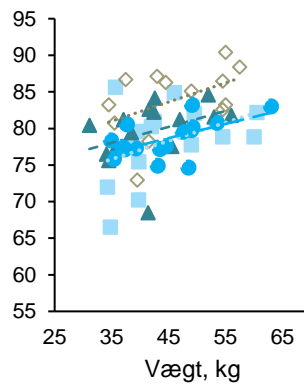
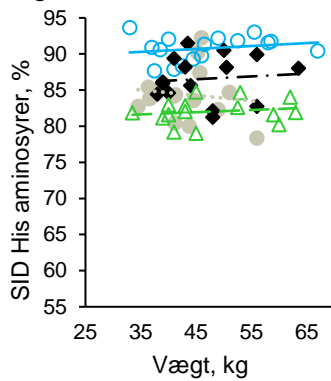
● Sojaskrå-1	-0,32 %/kg, P=0,06
○ Sojaskrå-2	-0,01 %/kg, P=0,85
◆ Sojaskrå-3	-0,04 %/kg, P=0,67
△ Solsikkeskrå	0,02 %/kg, P=0,78
■ Hestbønner	0,26 %/kg, P=0,06
◇ Afskallet hestebønne	0,27 %/kg, P=0,004
▲ Ærter	0,29 %/kg, P=0,06
● Rapsskrå	0,07 %/kg, =0,64

Figur A9-j



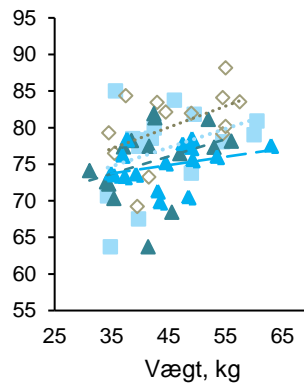
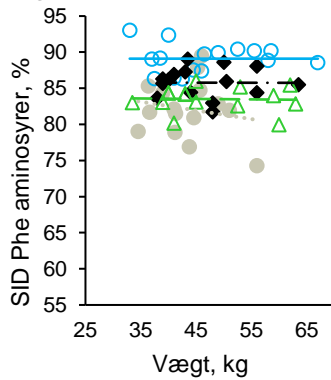
● Sojaskrå-1	-0,22 %/kg, P=0,17
○ Sojaskrå-2	0,00 %/kg, P=0,99
◆ Sojaskrå-3	-0,02 %/kg, P=0,85
△ Solsikkeskrå	0,02 %/kg, P=0,75
■ Hestbønner	0,28 %/kg, P=0,04
◇ Afskallet hestebønne	0,28 %/kg, P=0,006
▲ Ærter	0,32 %/kg, P=0,03
● Rapsskrå	0,18 %/kg, =0,18

Figur A9-k



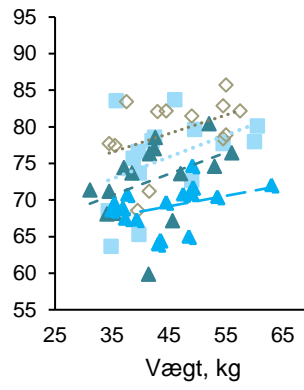
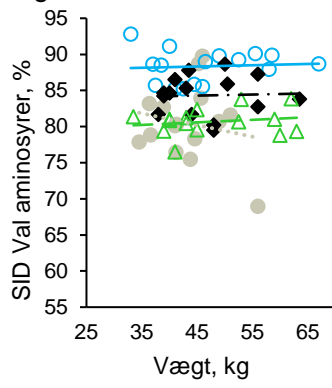
● Sojaskrå-1	-0,24 %/kg, P=0,12
○ Sojaskrå-2	0,02 %/kg, P=0,70
◆ Sojaskrå-3	0,03 %/kg, P=0,73
△ Solsikkeskrå	0,02 %/kg, P=0,81
■ Hestbønner	0,30 %/kg, P=0,02
◇ Afskallet hestebønne	0,27 %/kg, P=0,008
▲ Ærter	0,30 %/kg, P=0,03
● Rapsskrå	0,27 %/kg, =0,04

Figur A9-l



● Sojaskrå-1	-0,30 %/kg, P=0,11
○ Sojaskrå-2	0,02 %/kg, P=0,86
◆ Sojaskrå-3	0,01 %/kg, P=0,93
△ Solsikkeskrå	-0,02 %/kg, P=0,81
■ Hestbønner	0,23 %/kg, P=0,12
◇ Afskallet hestebønne	0,31 %/kg, P=0,001
▲ Ærter	0,28 %/kg, P=0,10
● Rapsskrå	

Figur A9-m



● Sojaskrå-1	-0,36 %/kg, P=0,07
○ Sojaskrå-2	0,02 %/kg, P=0,92
◆ Sojaskrå-3	-0,02 %/kg, P=0,87
△ Solsikkeskrå	0,03 %/kg, P=0,73
■ Hestbønner	0,30 %/kg, P=0,06
◇ Afskallet hestebønne	0,27 %/kg, P=0,01
▲ Ærter	0,37 %/kg, P=0,04
● Rapsskrå	0,16 %/kg, =0,32

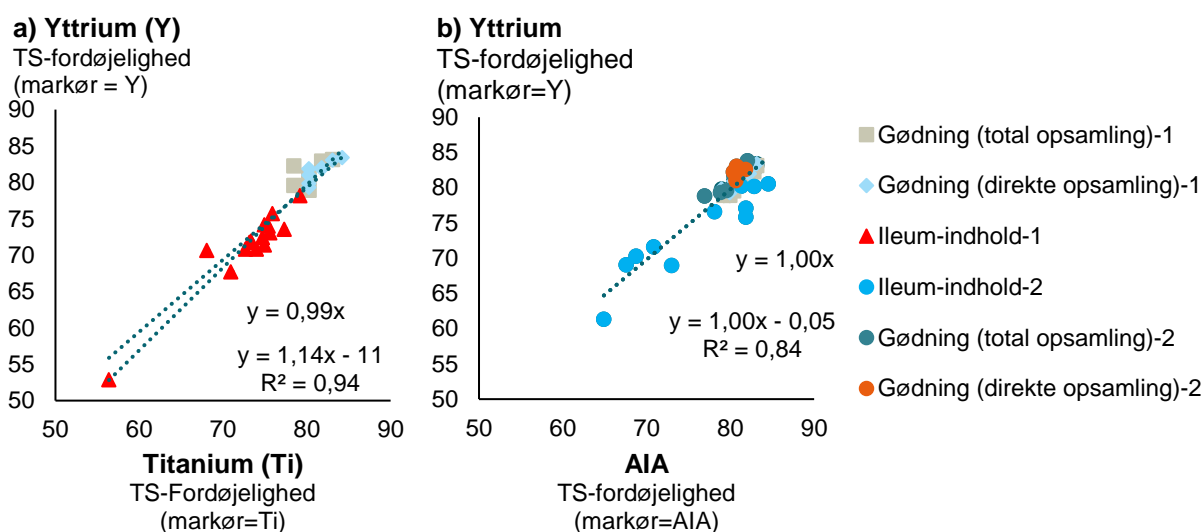
Appendiks 10 (Markørtype og fordøjelighed)

Tabel A10. Tørstoffordøjelighed bestemt ved brug T Yttrium (Y), titanium (Ti) og syreopløselig aske (AIA) som fordøjelighedsmarkør fra tidligere forsøg i SEGES Innovation.

Forsøg	Fordøjelighed ¹	n	Ti	Y	AIA
Gødning (total opsamling)-1	ATTD af tørstof, %	8	80,4	80,9	81,3
Gødning (direkte opsamling)-1	ATTD af tørstof, %	8	81,5	81,5	81,2
Gødning (total opsamling)-2	ATTD af tørstof, %	6	n.a.	81,1	79,9
Gødning (direkte opsamling)-2	ATTD af tørstof, %	6	n.a.	82,3	80,8
Ileum-indhold-1	AID af tørstof, %	15	73,1	71,2	n.a.
Ileum-indhold-2	AID af tørstof, %	11	n.a.	73,8	76,0

¹ ATTD = tilsyneladende fækal fordøjelighed, AID = tilsyneladende ileal fordøjelighed

n.a. = Ikke målt



Figur A10. Tørstoffordøjelighed bestemt Y og Ti samt tørstoffordøjelighed bestemt Y og syreopløseligt aske (AIA) som fordøjelighedsmarkør. Forholdet mellem indholdet af markør i foder og i output (gødning, ileumindhold) er et udtryk for blandingens tørstoffordøjelighed. Sammenligning af tørstoffordøjeligheden bestemt med forskellige markører målt på de samme prøver er derfor en metode til sammenlign af forskellige markører.

Appendiks 11 (Formalingsgrad og fordøjelighed)

Table A11. Ileal proteinfordøjelighed ved grov og fin formaling fra ni forskellige forsøg fra litteraturgennemgang af formalingsens betydning for fordøjeligheder.

Ref. 1	Råvare	Startvægt (kg)	Grov formaling		Fin formaling	
			Partikelst r.	Ileal råprotein- fordøjelighed	Partikelst r.	Ileal råprotein- fordøjelighed
			µm	%	µm	%
a	Byg ²	35 kg	700	81,1	600	86
a	Hvede ²	35 kg	600	85,7	500	90,3
b	Hvede ³	38 kg	904	75,9	598	78,6
c	Lupin ⁴	47 kg	955	73,2	567	79,3
d	Byg baseret foderblanding ³	25 kg	928	67,4	646	73,4
e	Hvede-ært foderblanding ²	35 kg	500	76,6	200	85,3
f	Hvede-solsikke foderblanding ⁴	38 kg	954	74,2	462	79,2
g	Majs-sojaskrå foderblanding ⁴	-	1000	63,3	500	69,5
Gennemsnit			818	74,7	509	80,2

¹ Referencer: Fra litteraturgennemgang [20]: a: [39], b: [40], c: [41], d: [42], e: [43], f: [44], g: [45].

² Sand fordøjelighed

³ Tilsyneladende ileal fordøjelighed

⁴ Standardiseret ileal fordøjelighed