



VIDENCENTER  
FOR SVINEPRODUKTION



# BAGGRUND FOR ÆNDRING AF AMINOSYRENORMER TIL DIEGIVENDE SØER

NOTAT NR. 1312

Aminosyrenormerne til diegivende søer er ændret med baggrund i et litteraturstudie og gennemførte modelbaserede beregninger. Den væsentligste ændring er, at normerne for lysin, methionin, treonin og tryptofan er øget med 10 %.

---

INSTITUTION: VIDENCENTER FOR SVINEPRODUKTION

FORFATTER: THOMAS BRUUN CHRISTENSEN  
PER TYBIRK  
ANJA VARMLØSE HANSEN (PROJEKTSANSAT, CAND. AGRO)

UDGIVET: 3. JUNI 2013

Dyregruppe: Søer

Fagområde: Ernæring

## Sammendrag

På baggrund af et litteraturstudie blev det vist, at behovet for lysin og alle øvrige aminosyrer til mælkeydelse er stort, når søerne skal die kuld på 10-14 grise. Trods en høj foderoptagelse vil de fleste søer, fodret efter den gamle norm, skulle mobilisere protein fra kroppen, for at tilgodese specielt behovene for lysin og til en vis grad treonin til mælkeydelsen. Med udgangspunkt i denne problemstilling, er der i tabel 1 angivet et forslag til nye normer for aminosyrer til diegivende søer. De nye normer giver mulighed for, at soen kan producere en øget pattegrisetilvækst, før den skal mobilisere protein fra egen krop. Derved forventes en forøgelse af produktiviteten uden, at soen skal kompensere med væggtab, og deraf følgende risiko for reduceret kuldstørrelse eller flere gold dage i efterfølgende reproduktionscyklus.

**Tabel 1.** Gammel og ny norm for aminosyrer til diegivende søer. Normen er udtrykt i både g st. ford. aminosyre pr. FEso og i pct. af lysin.

	Gammel norm		Ny norm baseret på litteraturstudie	
	g st. ford. pr. FEso	% af lysin	g st. ford. pr. FEso	% af lysin
Lysin	6	100	6,6	100
Methionin	1,9	32	2,1	32
Methionin + cystin	3,6	60	4,0	60
Treonin	3,9	65	4,3	65
Tryptofan	1,2	20	1,3	20
Isoleucin	4,2	70	3,7	56
Leucin	7,0	117	7,6	115
Histidin	2,5	42	2,6	39
Fenylalanin	3,6	60	3,6	55
Fenylalanin + tyrosin	7,0	117	7,5	114
Valin	5,0	83	5,0	76
Min. st. ford. råprotein	110		110	

Ændringerne i tabel 1 er fremkommet ved en samlet vurdering af den forhenværende danske norm for aminosyrer til diegivende søer, forsøgsresultater fra internationale forsøg, modelberegninger og endelig de seneste anbefalinger fra NRC. Normerne for lysin, methionin, cystin, treonin og tryptofan er alle øget med 10 %. For isoleucin, leucin, histidin og fenylalanin er normerne ændret, så der opnås samme ratio til lysin, som anbefalet af NRC. Det betyder, at mængden af isoleucin er reduceret med 0,5 g st. ford. pr. FEso, mens mængden af histidin kun er øget med 0,1 g st. ford. pr. FEso, hvilket er procentuelt lavere end ændringerne for de øvrige aminosyrer. For fenylalanin + tyrosin er normen ændret til 114 % af lysin, svarende til anbefalingen fra NRC. Normen for valin er uændret 5,0 g st. ford. pr. FEso, hvilket medfører at valin:lysin ratio reduceres til 76 %. Der er en del usikkerhed omkring betydningen af valin, og omkostningerne til at øge denne aminosyre alene er så store, at VSP ønsker at iværksætte en nærmere undersøgelse, som kan fastlægge valin:lysin ratioen under danske produktionsforhold.

Det konkluderes, at der med en uændret mængde råprotein på 110 g st. ford. pr. FEso kan forventes en forøgelse af mælkeydelsen og en lavere mobilisering af protein fra soen, når de nye aminosyrenormer implementeres.

#### TILSKUD

Projektet har fået tilskud fra Svineafgiftsfonden samt EU og Fødevareministeriets Landdistriktsprogram og har aktivitetsnr.: 093-202100 samt journalnr.: 32101-U-13-00239.

# Baggrund

Den seneste revision af aminosyrenormerne til diegivende søer blev foretaget i 1996. Den daværende norm blev fastlagt efter anbefalinger fra Statens Husdyrbrugsforsøg, Forskningscenter Foulum [1]. Indtil 1996 havde der i Danmark kun været fastlagt normer for følgende aminosyrer: Lysin, methionin, methionin+cystin, treonin og tryptofan. Begrundelsen for udelukkende at optimere med fokus på disse aminosyrer var, at man ved en traditionel sammensætning af foderblandingen ville finde den begrænsende aminosyre blandt de ovennævnte [1].

I forbindelse med revurderingen af normerne i 1996 blev der sat fokus på de øvrige essentielle aminosyrer, idet der var kommet øget fokus på at reducere kvælstofudskillelsen i den danske svineproduktion. For diegivende søer blev der med udgangspunkt i mælkeanalyser samt anbefalinger fra England [2] og USA [3] opstillet normer for de øvrige essentielle aminosyrer, og der blev lagt vægt på, at størstedelen af foderet dannede grundlaget for mælkeproduktionen [1].

Siden 1996 er kuld størrelsen steget fra 12,0 totalfødte grise pr. kuld [4] til nu over 16,6 totalfødte pr. kuld [5]. Der fravænes i dag flere grise pr. kuld end der var levendefødte grise i 1996 (12,7 fravænnede grise pr. kuld vs. 11,15 levendefødte grise pr. kuld), og antallet af grise fravænnet ved den enkelte so må formodes at være forøget med mindst 2 grise. Målingerne af danske produktionssøer i 2004 har vist, at 1. til 4. kulds søer i gennemsnit er blevet 43 kg tungere og 13 cm længere siden 1984 [6]. Den seneste normændring er sket ca. midt i denne periode, hvor søernes størrelse er kraftigt forøget. Der er et stigende krav om, at søerne fravænner flere grise, så brugen af ammesøer kan reduceres mest muligt. Endvidere er der stor fokus på foderforbruget i soholdet, og Videncenter for Svineproduktion har iværksat flere afprøvninger indenfor dette felt. En del af foderforbruget går til reetablering af det huld, der tabes i den forudgående diegivningsperiode. Det er formodentlig ønskeligt, at søer har en vis mobilisering i begyndelsen af diegivningsperioden, da forsøg indikerer, at det kan øge udnyttelsen af næringsstofferne til mælkeydelse (personlig kommentar, Theil 2012). Omvendt må dette væggtab ikke være for stort, da det påvirker den efterfølgende reproduktion negativt [7;8].

I de hidtidige normforsøg blev der ikke taget højde for søernes væggtab ved fastsættelsen af normerne [1]. I en stor afprøvning som igangsættes i 2014, vil der blive lavet en ny afprøvning med en ændret aminosyreprofil til diegivende søer, hvor dette litteraturstudie danner baggrunden for sammensætningen af idealproteinet, hvorefter denne sammensætning af idealproteinet afprøves med varierende proteinkoncentration i et dosis-respons forsøg. Dette skal danne baggrunden for en revurdering af proteinnormen til diegivende søer. I forbindelse med planlægningen af afprøvningen er der blevet udført modelberegninger baseret på forskellige niveauer af foderoptagelse hos soen, og estimeret mælkeydelse ved 10, 12 og 14 grise i kuldet ved fravæning. Mælkeydelsen blev estimeret ud fra en model udviklet på

baggrund af resultater fra 18 internationale forsøg, hvor både kuldtilvækst og mælkeydelse blev målt [9]. Beregningerne indikerede, at de nuværende aminosyrenormer ved normal foderoptagelse næppe kunne dække behovet for aminosyrer til maksimal tilvækst hos kuldet, hvis soen skulle passe 12-14 grise frem til fravæning. Endvidere ville det kræve en ikke ubetydelig mobilisering af kropsprotein hos soen, for at kunne producere tilstrækkeligt med mælk.

Med udgangspunkt i ovennævnte problemstillinger og indikationer blev dette notat udarbejdet for at undersøge, om der med baggrund i den nuværende litteratur samt modelberegninger var et behov for at ændre den anbefalede aminosyresammensætning til diegivende søer. Formålet var dermed at få vurderet om nuværende norm for st. ford. lysin pr. FEso skulle revideres, dernæst, om de øvrige essentielle aminosyrers forhold til lysin skulle justeres.

Dette notat vurderer udelukkende aminosyrernes indbyrdes forhold, og eventuelle ændringer i normen for st. ford. råprotein vil først ske efter, at den ovennævnte afprøvning er fuldført.

## Materiale og metode

Litteraturstudiet omfatter tilgængelige referencer fra ind- og udland vedrørende aminosyrebehov til diegivende søer. I forbindelse med gennemgangen af litteraturen er der lagt vægt på hvilke kuldstørrelser der indgik hos de diegivende søer, hvilke parametre der blev registreret, og om søernes vægtændring i diegivningsperioden blev fastlagt.

### Beregning af forventede behov for aminosyrer til mælkeproduktion og vedligehold

I beregningerne er anvendt en faktoriel tilgang, hvilket vil sige, at ud fra et estimat for mælkeydelsen dag-for-dag er behovet for aminosyrer beregnet ved at tage højde for aminosyrebehovet til mælkeydelse, udnyttelsesgraden af pågældende aminosyre til mælkeproduktion samt soens vedligeholdelsesbehov.

Mælkeydelsen er estimeret ud fra en Bayesiansk hierarkisk model, som blev udviklet af Hansen et al. [9] til at analysere mælkeproduktionsdata. I modellen blev den klassiske Wood kurve brugt til at modellere tidstendenser i mælkeydelse og mælkesammensætning gennem diegivningsperioden. For at udvikle modellen blev der etableret en database indeholdende oplysninger omkring kuldstørrelse, kuldtilvækst, diegivningsfoderets indhold af råprotein og fedt, den målte mælkeydelse, og endelig mælkenes sammensætning. I databasen indgik resultater fra internationale peer reviewed publikationer og individuelle sodata fra 3 datasæt fra Aarhus Universitet, Forskningscenter Foulum. Et krav var, at metoderne til at måle mælkeydelsen var kendte, og at der indgik flere målinger pr. diegivningsperiode pr. so [9].

# Resultater og diskussion

## Sammensætningen af idealproteinet og brugen af normer for aminosyrer

Der er efterhånden kommet mere og mere fokus på de enkelte aminosyrer og ikke bare den samlede mængde protein i foderet, hvilket betyder, at der laves mange videnskabelige forsøg med forskellige niveauer af disse aminosyrer og forskellige ratioer i forhold til lysin. Lysin anses for at være den førstbegrænsende aminosyrer for diegivende søer, og er derfor også den aminosyre, der har fået mest opmærksomhed [10-24]. I de senere år er der også kommet fokus på andre aminosyrer, specielt valin [17;19;25-31], hvilket betyder, at der i flere studier sættes spørgsmålstejn ved gældende normer for idealproteinets sammensætning. I tabel 2 er aminosyresammensætningen i soens krop, mælk fra flere forsøg, samt de forhenværende danske og nuværende amerikanske aminosyrenormer til diegivende søer sammenlignet. Ved at opstille alle aminosyrer relativt til lysin fås et mål for idealproteinets sammensætning. Af tabel 1 fremgår, at de forhenværende danske og de nuværende amerikanske normer adskiller sig fra hinanden på flere aminosyrer, specielt methionin, histidin, isoleucin og fenyalanin. I tabel 3 er den forhenværende danske norm for aminosyrer udtrykt pr. FEso angivet.

**Tabel 2.** Aminosyresammensætning af krop og somælk i % af lysin fra flere forsøg, sammenlignet med henholdsvis danske og amerikanske aminosyrenormer til diegivende søer. Aminosyrenormerne er for at lette sammenligningen omregnet til % af lysin.

	Soens krop <sup>1</sup>	Somælk <sup>2</sup>	Somælk <sup>3</sup>	Somælk <sup>4</sup>	Somælk <sup>1</sup>	Danmark <sup>5</sup>	USA <sup>1</sup>
Lysin	100	100	100	100	100	100	100
Methionin	29	27	26	23	27	32	26
Methionin + cystin	45	49	44	43	50	60	54
Treonin	55	54	55	52	61	65	63
Tryptofan	13	-	17	19	18	20	20
Isoleucin	54	-	58	51	56	70	56
Leucin	101	-	114	117	120	117	115
Histidin	47	-	35	32	43	42	39
Fenyalanin	55	-	55	52	58	60	55
Fenyalanin + tyrosin	97	-	114	108	115	117	114
Valin	69	-	76	63	71	83	85

Referencer: <sup>1</sup> [32], <sup>2</sup> [33], <sup>3</sup> [34], <sup>4</sup> [35], <sup>5</sup> [36]

**Tabel 3.** Forhenværende aminosyrenormer til diegivende søer udtrykt pr. FEso [36].

	Norm
Lysin, g st. ford. pr. FEso	6,0
Methionin, g st. ford. pr. FEso	1,9
Methionin + cystin, g st. ford. pr. FEso	3,6
Treonin, g st. ford. pr. FEso	3,9
Tryptofan, g st. ford. pr. FEso	1,2
Isoleucin, g st. ford. pr. FEso	4,2
Leucin, g st. ford. pr. FEso	7,0
Histidin, g st. ford. pr. FEso	2,5
Fenylalanin, g st. ford. pr. FEso	3,6
Fenylalanin + tyrosin, g st. ford. pr. FEso	7,0
Valin, g st. ford. pr. FEso	5,0

### De begrænsende aminosyrer

Kim et al. [37] indførte begrebet dynamisk ideal aminosyresammensætning, hvilket vil sige, at rækkefølgen på de først begrænsende aminosyrer ændrer sig med graden af mobilisering af kropsprotein (tabel 4). I dette studie havde søerne en kuld størrelse fra 6 til 12 grise, for at opnå forskellige niveauer af mælkeproduktion og kropsmobilisering. Det blev fundet, at hver gang kullet blev øget med en gris, mobiliserede søen 33,9 g lysin, 14,4 g treonin, 26 g valin, 34,3 g leucin, 19,9 g isoleucin, 18,9 g fenylalanin, 41,9 g arginin og 14,7 g histidin mere gennem diegivningsperioden (21 dage), hvilket betød, at søerne med 12 grise tabte 14 % mere af deres totale kropspulje af aminosyrer i forhold til søer med 6 grise.

Hvilke aminosyrer, der bliver mest begrænsende for mælkeproduktionen, afhænger af hvor stor en del af forsyningen til yveret, der kommer fra henholdsvis foder og kropsmobilisering. Ved den valgte fodersammensætning fandtes, at ved meget høj kropsmobilisering (75-80 kg væggtab) var treonin den førstbegrænsende aminosyre, mens det ved mere moderate væggtab indtil 45 kg var lysin der var førstbegrænsende. Treonin var anden mest begrænsende for søer, der tabte 33-12 kg, mens det for søer med tab på 12-0 kg var valin.

For søer med meget lavt foderoptagelse og høj kropsmobilisering vil treonin altså være en kritisk faktor, fordi der er mindre treonin i kropsprotein i procent af protein end i mælkeprotein. I undersøgelsen blev fundet, at treonin:lysin ratio var henholdsvis 47-49 % i soens krop og ca. 60 % i yvervævet [37], hvilket underbygger ovenstående.

Valinbehovet i procent af lysin var mere konstant (tabel 4), hvilket teoretisk kan forklares ved at aminosyreprøfilen i kropsprotein og mælkeprotein er meget ens for valins vedkommende (tabel 2). I undersøgelsen blev det dog fundet, at valin:lysin ratio var henholdsvis 62-63 % i soens krop og 75-76 % i soens yvervæv.

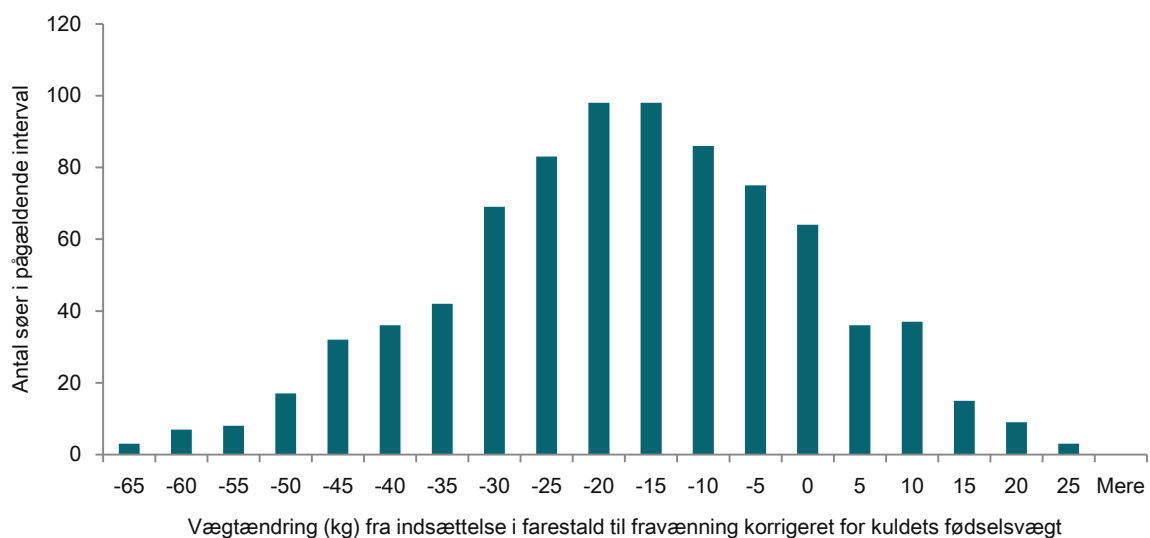
Forfatterne fandt, at med den anvendte fodersammensætning ville valin kun kunne blive den anden mest begrænsende aminosyre (lysin den førstbegrænsende) ved høj foderoptagelse, fordi andre aminosyrer var mere begrænsende ved lav foderoptagelse og høj kropsmobilisering. [37;38].

**Table 4.** Forslag til sammensætningen af idealproteinet i forhold til lysin ved forskellig grad af kropsmobilisering [37;38].

	Kropsmobilisering, kg				
	75-80	33- 45	12-15	6-8	0
Lysin	100 <sup>2</sup>	100 <sup>1</sup>	100 <sup>1</sup>	100 <sup>1</sup>	100 <sup>1</sup>
Treonin	75 <sup>1</sup>	69 <sup>2</sup>	63 <sup>2</sup>	60 <sup>3</sup>	59 <sup>3</sup>
Isoleucin	60	59	59	59	59
Leucin	128	123	118	115	115
Valin	78 <sup>3</sup>	78 <sup>3</sup>	78 <sup>3</sup>	77 <sup>2</sup>	77 <sup>2</sup>

<sup>1,2,3</sup> Angiver om aminosyren er første, anden eller tredje begrænsende.

Resultaterne er blevet bekræftet i et andet forsøg [19]. I forhold til danske søer og den gamle norm vil lysin, set i forhold til dette studie, stadig være den førstbegrænsende, da søernes væggtab i de fleste tilfælde ikke er 75-80 kg. Resultater fra 8 danske besætninger (818 søer i alt) viser, at det gennemsnitlige væggtab i diegivningsperioden ligger på 19,6 kg, uden at der er korrigeret for andet end vægten af de fødte grise (ingen korrektion for tab af fosterhinder og fostervand). Væggtabsfordelingen ses af figur 1. Det vurderes på baggrund af disse resultater og konklusionerne draget af [19;37;38], at idealproteinsammensætningen angivet i tabel 4 under henholdsvis 6-8 kg og 12-15 kg kropsmobilisering er mest relevant for danske søer.



Figur 1. Fordeling af søers væggtab på tværs af ca. 100 standardiserede kuld indenfor hver af 8 sobesætninger overvåget i 2010-2012 (upublicerede resultater fra afprøvning 1071).

Ved foderoptimering kunne det således overvejes, hvor stor en kropsmobilisering søerne har, da dette svinger fra besætning til besætning. Teoretisk set burde der anvendes lidt højere andel af treonin og leucin, hvis der er et stort vægttab hos søerne, da der er mindre af disse aminosyrer i kropsprotein end i mælkeprotein. Et relativt overindhold af treonin og leucin i foderet ville således kunne kompensere for det lavere indhold af disse aminosyrer i soens kropsprotein.

## Foderoptagelse hos diegivende søer

De seneste større opgørelser af foderoptagelse hos diegivende søer under danske forhold blev udført i 2004. Her blev det fundet, at ved ad libitum fodring med en foderblanding med 1,07 FEso pr. kg, var søernes (462 søer) gennemsnitlige foderoptagelse i én tørfoderbesætning på 184,8 FEso med en diegivningsperiode på 25 dage, og en spredning på 38 FEso [39]. I en endnu upubliceret og uafsluttet afprøvning, viser de foreløbige resultater blandt 218 søer i en vådfoderbesætning en gennemsnitlig foderoptagelse på 188 FEso på 28 dages diegivningsperiode, spredningen var her 18 FEso. Det konstateredes at 50 % af søerne æder mindre end 190 FEso på en 28 dages diegivningsperiode. Ved vurdering af samme besætning ved 21 dages diegivningsdage, var tallene tilsvarende for 1058 søer 140 FEso med en spredning på 15 FEso.

Søernes foderoptagelse indenfor en given besætning er væsentlig at kende, således at indholdet af aminosyrer i diegivningsfoderet eventuelt kan tilpasses til den aktuelle foderoptagelse. I de forhenværende normer blev angivet, at hvis det ikke var muligt at opnå en gennemsnitlig foderoptagelse i diegivningsperioden på mindst 6 FEso pr. dag, kunne det være aktuelt at hæve aminosyreindholdet pr. FEso med 8 % for alle aminosyrer [36]. En foderoptagelse på 6 FEso i gennemsnit pr. dag i 28 dage svarer til en samlet foderoptagelse på 168 FEso. De foreløbige resultater fra én besætning viste, at kun 11,5 % af søerne havde en samlet foderoptagelse på under 168 FEso. Ved en foderoptagelse på 168 FEso på 28 diegivningsdage og mælkeproduktion til et kuld på 11-13 grise vurderes det, at soen vil have en høj grad af mobilisering af kropsdepoter. Det gav derfor mening at udføre modelberegninger af soens lysinbehov for at vurdere, om en gennemsnitlig foderoptagelse på 6,0 FEso pr. dag i diegivningsperioden er tilstrækkeligt.

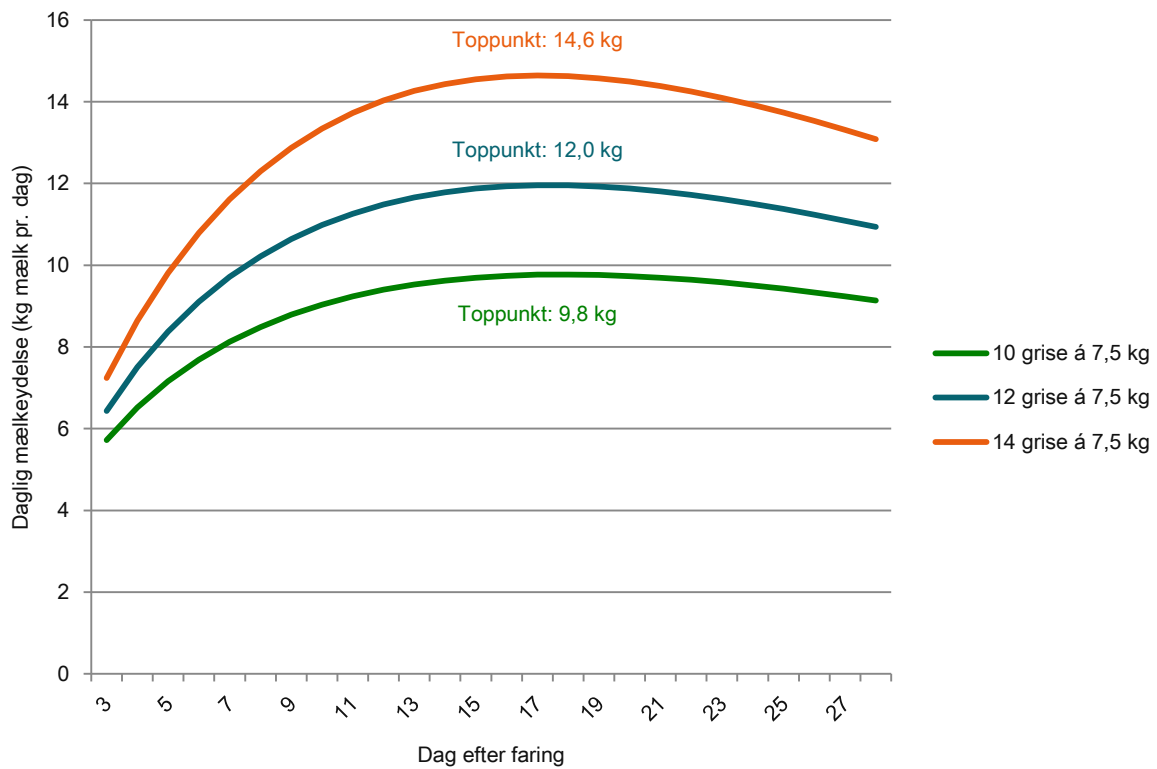
## Mælkeydelse hos diegivende søer

For at forstå hvor meget mælk søer skal producere, er der i figur 2 anvendt modelberegninger baseret på Hansen et al. [9]. Modellen estimerer soens mælkeydelse, dag for dag med udgangspunkt i antallet af grise hos soen og den daglige kuldtilvækst. Der er beregnet tre scenarier, hvor det er forudsat, at grisene skal nå samme fravænningsvægt ved alle kuld størrelser:

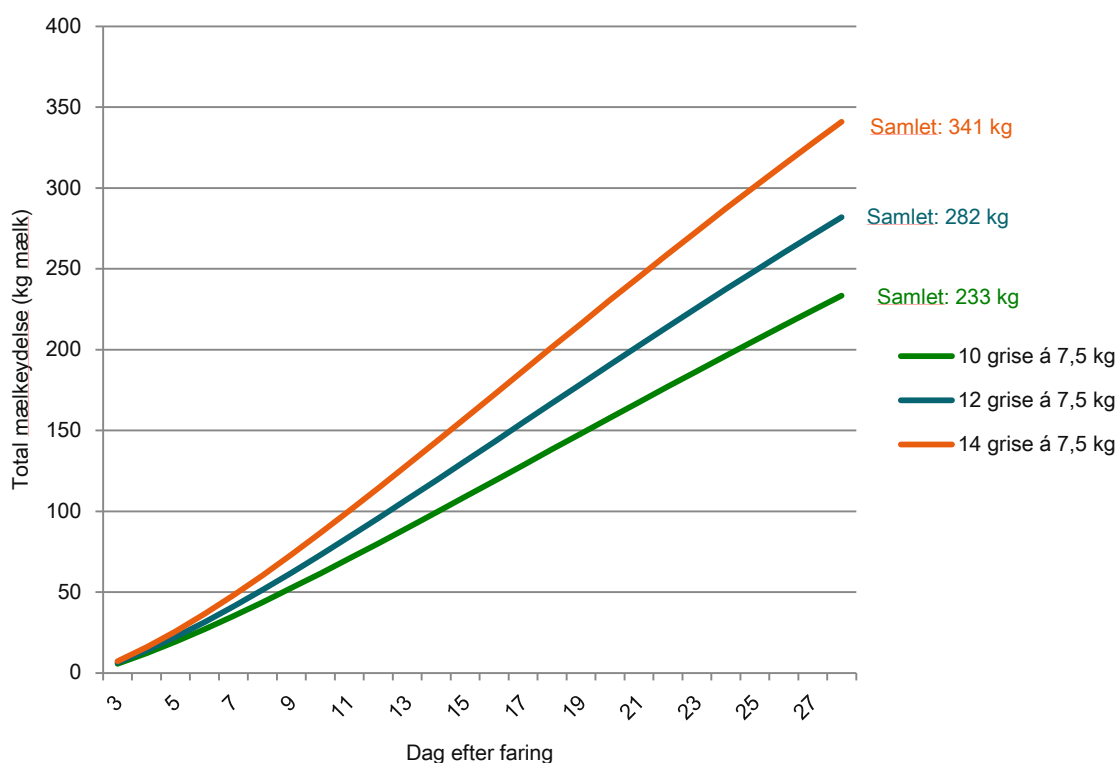
- 1 so der har 10 grise (1,5 kg ved fødsel, 7,5 kg ved 28 dage)
- 1 so der har 12 grise (1,5 kg ved fødsel, 7,5 kg ved 28 dage)
- 1 so der har 14 grise (1,5 kg ved fødsel, 7,5 kg ved 28 dage)



Af figur 2 fremgår det, at søernes ydelse i toplaktation i kg mælk omtrent svarer til det antal grise søerne passer, og at mælkeydelsen, når den akkumuleres (figur 3), skal være på 233-341 kg over en 28 dages diegivningsperiode for at opnå en vægt på 7,5 kg ved fravæning.



Figur 2. Daglig mælkeydelse estimeret ud fra Hansen et al. (2012) [9] med udgangspunkt i de tre scenarier der fremgår af figurforklaringen.



Figur 3. Akkumuleret mælkeydelse estimeret ud fra Hansen et al. (2012) [9] med udgangspunkt i de tre scenarier der fremgår af figurforklaringen.

## Modelberegninger vedrørende daglige lysinbehov

Modelberegninger vedrørende lysinbehovet hos diegivende søer er foretaget af adskillige forskere.

Whittemore et al. [40] angav, at mælkeydelsen (kg/dag) og kuldtilvæksten (kg/dag) kunne estimeres ud fra forholdet 4:1 (dvs. der skal bruges 4 kg til 1 kg tilvækst hos pattegrisene).

I beregningerne af lysinbehovet blev der taget højde for den mængde lysin der udskilles i soens mælk, soens vedligeholdelsesbehov samt det basale endogene tab [40]. I beregningerne af blev der endvidere regnet med en udnyttelsesgrad af fordøjeligt lysin på 82 % til vedligehold og mælkeydelse. Resultaterne fremgår af tabel 5. Det estimerede behov for en so på f.eks. 225 kg, der yder 13 kg mælk svarende til en daglig kuldtilvækst på ca. 3,25 kg, var 69,5 g standardiseret ford. lysin pr. dag. Hvis omregningen fra mælkeydelse til kuldtilvækst ikke modsvarer det antagne forhold på 4:1, så vil de estimerede behov selvfølgelig være anderledes, men til sammenligning viste en analyse af over 800 standardiserede kuld fra 8 forskellige besætninger, at kun 10 % af søerne præsterede en gennemsnitlig daglig kuldtilvækst på over 3,24 kg, og det konkluderes derfor, at de estimerede behov Whittemore et al. [40] angiver, beskriver højtstående søer, og når behovet blev beregnet til 69,5 g st. ford. lysin, ville det kræve en foderoptagelse på 11,6 FEso, hvis foderblandingen indeholdt de 6,0 g st. ford. lysin pr. FEso, som er den forhenværende danske norm [36].

**Table 5.** Modelberegninger vedrørende dagligt lysin behov til en given mælkeproduktion hos søer med forskellig vægt. I beregningerne blev det antaget, at søerne ikke mobiliserede protein under diegivingen [40].

Levende vægt af so, kg	Daglig mælkeydelse, kg	Totalt lysinbehov, g/dag	Lysinbehov, g st. ford./dag
150	6	39,4	33,1
	8	51,5	43,2
	10	63,5	53,3
225	9	58,5	49,2
	11	70,7	59,4
	13	82,7	69,5
300	10	64,6	54,3
	12	76,6	64,4
	14	88,7	74,5

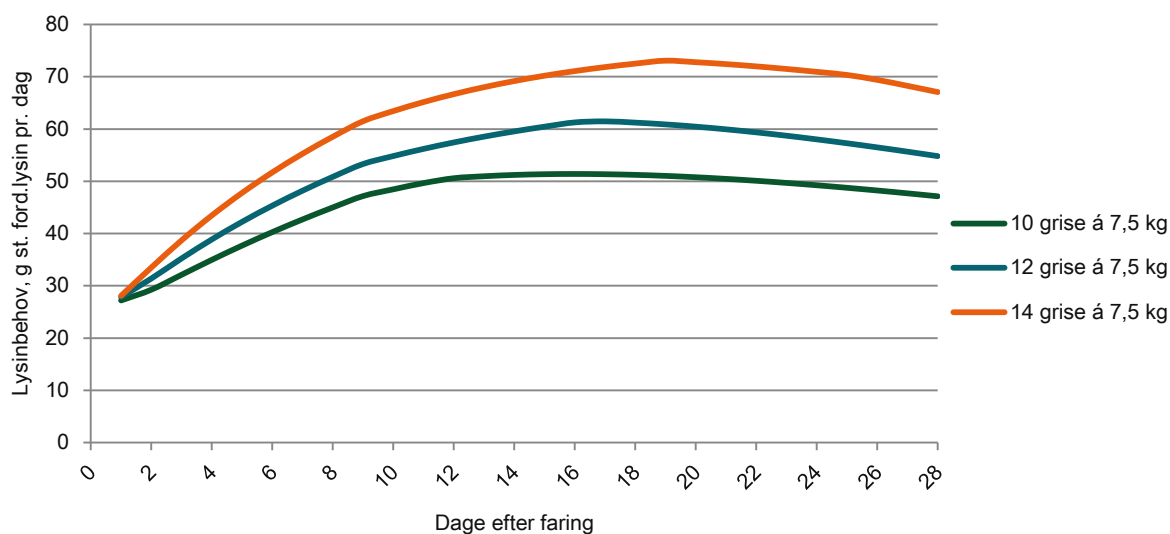
Baseret på kalkulationer angav NRC [32], at lysinbehovet til en diegivende so på 210 kg med et kuld på 11,5 grise med en gennemsnitlig daglig kuldtilvækst 3,1 kg over en 21 dages diegivningsperiode, er 52,6 g st. ford. lysin pr. dag. I kalkulationen er der indregnet en kropsmobilisering på 15,9 kg. Hvis den daglige kuldtilvækst reduceredes til 2,6 kg pr. dag, forventedes et vægttab på 5,8 kg hos soen og et gennemsnitligt dagligt lysinbehov på 48,9 g st. ford. pr. dag. I beregningerne blev der antaget en gennemsnitlig daglig foderoptagelse på 6,6 kg [32]. De angivne mængder af st. ford. lysin pr. dag ligger noget over det niveau en dansk diegivningsblanding ville bidrage med. Med 6,0 g st. ford. lysin ville det kræve en gennemsnitlig foderoptagelse på 8,7 FEso pr. dag at nå op på en gennemsnitlig daglig forsyning på 52,6 g st. ilealt ford. lysin. En så høj foderoptagelse vurderes ikke at være realistisk på en diegivningsperiode på 21 dage.

### Modelberegninger vedrørende daglige lysinbehov

Med udgangspunkt i en model konstrueret af Hansen et al. [41] blev der ud fra de daglige mælkeydelser der blev beregnet i figur 2, beregnet daglige lysinbehov for de tre modelsøer baseret på følgende:

- 1 so der har 10 grise (1,5 kg ved fødsel, 7,5 kg ved 28 dage)
- 1 so der har 12 grise (1,5 kg ved fødsel, 7,5 kg ved 28 dage)
- 1 so der har 14 grise (1,5 kg ved fødsel, 7,5 kg ved 28 dage)

Endvidere blev der som forudsætning brugt, at søerne vejede 259 kg efter faring og havde 20 mm rygspæk. I modellen blev der som input endvidere anvendt en foderkurve, hvor soen fik 3,0 FEso ved faring, 5,0 FEso på dag 6 efter faring, 7,0 FEso på dag 10 gradvist stigende til 9,5 FEso på dag 20. I figur 4 ses modellens estimerede daglige lysinbehov. Det konstateres, at behovene beregnet med denne model [41] stemmer forholdsvis godt overens med modelberegningerne [40], og at det konstateres, at der i store kuld med 12 til 14 grise er behov for omkring 60 – 70 g st. ford. lysin på de dage, hvor mælkeydelsen og dermed kuldtilvæksten er størst.



Figur 4. Dagligt lysinbehov for modelsøer der passer henholdsvis 10, 12 og 14 grise med en gennemsnitlig kuldtilvækst på henholdsvis 2,15 kg/dag, 2,50 kg/dag og 3,0 kg/dag [9;41].

## Lysin

Lysin er den mest studerede aminosyre, da den oftest betegnes som den førstbegrænsende for søerne. Flere af de internationalt publicerede forsøg vurderes at være underdimensionerede, idet aminosyreforsøg hos søer er dyre. Derfor spares der i vid udstrækning på antallet af søer i hver forsøgsgruppe. Der angives i litteraturen vidt forskellige behov for lysin for at sikre maksimal mælkeproduktion. NRC [3] angav et behov på 32 g total lysin pr. dag, mens andre angiver fra 37-58 total g/dag [17;20;42-44]. King et al. [44] konstaterede, at der var behov for et lysinindtag på 49 g/dag for at reducere mobiliseringen af kropsprotein, da søer mobiliserer af kropsproteinet for at understøtte mælkeproduktionen. Flere studier finder at søer mobiliserer fra kroppens reserver ved en lav lysinkoncentration i foderet [23], mens andre studier ikke finder samme effekt [14].

Yang et al. [23] fandt et højere vægttab ( $P < 0,01$ ) hos søer med 18 dages diegivningsperiode ved lavt indhold af lysin i foderet. Kuldene blev standardiseret til 10 grise pr. kuld. Der blev i grupperne tildelt henholdsvis 0,4 % og 1,6 % lysin i foderet, og søernes vægttab var henholdsvis 22,23 kg og 15,37 kg, og samtidig blev der observeret en lavere ( $P > 0,01$ ) kuldtilvækst (28,92 kg vs. 32,76 kg). Den daglige foderoptagelse i diegivningsperioden var gennemsnitlig 3,93 kg og 3,45 kg for gruppen af søer der fik henholdsvis 0,4 % lysin og 1,6% lysin, og denne forskel var statistisk sikker [23]. Omregnet til daglig lysinforsyning svarer det til, at søerne har indtaget henholdsvis 15,7 g/dag og 55,2 g/dag.

Ved at ændre lysinkoncentrationen fra 0,60 % til 0,90 % blev der ikke fundet nogen statistisk sikker effekt på hverken søernes vægttab eller på fravænningsvægten i kuld, standardiseret til henholdsvis 10,8 og 10,9 grise [14]. Det skal bemærkes, at foderoptagelsen i gennemsnit pr. dag var 5,68 kg og 5,62 kg for de to grupper, hvilket medførte at gruppen der fik 0,60 % lysin indtog 34,1 g lysin pr. dag og gruppen der fik 0,90 % lysin

indtog 50,6 g lysin pr. dag. I studiet var forskellene i væggtab mellem grupperne kun 0,5 kg på en 21 dages diegivningsperiode, og forskellen i fravænningsvægten pr. gris var beskedne 190 g pr. gris.

Touchette et al. [20] undersøgte flere niveauer af lysin til diegivende søer (tabel 6). Resultaterne indikerede, at førstekuldssøer med en relativ kort diegivningsperiode på 17 dage kunne mobilisere lysin, som kunne tilgodese en høj mælkeproduktion. Der blev således hverken fundet effekt på antallet af fravænnede grise eller den gennemsnitlige daglige kuldtilvækst opnået i forsøget. Forsøget viste, at en forøgelse af den daglige lysinmængde reducerede søernes væggtab; det største væggtab var i gruppe 1 (tabel 6), hvor der kun blev tildelt 26,7 g lysin pr. dag i gennemsnit. Her havde søerne et totalt væggtab på 14,8 kg, hvilket er højere end de øvrige væggtab angivet i tabel 6. I den nævnte gruppe blev der ikke suppleret med syntetiske aminosyrer, men samme aminosyreprofil som angivet i tabel 6 blev overholdt.

**Tabel 6.** Effekt af lysinkoncentration i foderet på søernes og kuldets præstationer hos førstekuldssøer med 17 dages diegivningstid [20].

Gruppe	1	2	3	4
Søer pr. gruppe, stk.	56	58	60	59
Lysinkoncentration i foderet, % <sup>1</sup>	0,67	0,86	1,06	1,25
Gennemsnitlig daglig foderoptagelse, kg/dag	3,99	4,04	3,88	3,86
Total lysin pr. dag, g/dag	26,7	34,7	41,4	48,3
Soens vægtændring i diegivningsperiode, kg <sup>2</sup>	-14,8	-11,1	-7,1	-9,6
Kuldtilvækst i diegivningsperioden, kg/dag	2,03	2,05	1,98	2,05

<sup>1</sup> Foderblandingen der blev anvendt indeholdt valin, treonin, tryptofan og methionin+cystin i følgende ratio til lysin 101:69:19:67. Dog indeholdt blandingen til gruppe 1 en tryptofan:lysin ratio på 20 %

<sup>2</sup> Der blev fundet en kvadratisk effekt af lysin på søernes væggtab (P<0,05)

Forsøget udført af Touchette et al. [20] indikerede ligesom Yang et al. [23], at søerne er gode til at kompensere for manglende lysin i foderet ved at mobilisere kropsprotein. Den optimale mælkeydelse kunne således opnås ved en langt lavere lysinforsyning, end det der skulle til for at reducere søernes væggtab.

## Methionin

Behovet for methionin til diegivende søer er ikke blevet studeret indgående, hvilket understreges af, at der i den nye udgave af NRC [32] kun er angivet to ældre kilder [45;46] som grundlag for deres anbefaling. I disse to studier har kuld størrelsen været 8-9,5 grise, hvilket ligger væsentligt under gennemsnittet for en dansk so og disse resultater bør derfor ikke ligge til grund for nye danske normer.

Grandhi [47] undersøgte effekten af tre forskellige niveauer af lysin og methionin (tabel 7). Kuldstørrelsen blev standardiseret til 10 grise pr. so. Forsøget viste, at søerne i gruppe 2 og 3 øgede deres vægt og rygspæktykkelse gennem diegivningsperioden, mens søerne i gruppe 1 tabte sig (tabel 7).

**Tabel 7.** Diegivningsfoderets forhold mellem methionin og lysin, gennemsnitlig daglig foderoptagelse i fire ugers diegivningsperiode hos 1. og 2. kulds yorkshiresøer samt opnåede ændringer i daglig methionin- og lysinforsyning, soens vægtændring, ændring i rygspæktykkelse samt kuldets tilvækst i fjerde diegivningsuge [47].

Gruppe	1	2	3
Søer pr. gruppe, stk.	64	66	66
Foderets aminosyreratio, methionin:lysin	0,36	0,27	0,30
Gennemsnitlig daglig foderoptagelse, kg	6,5	6,7	6,7
Gennemsnitlig daglig methioninforsyning <sup>1</sup> , g/dag	14,3	17,1	19,5
Gennemsnitlig daglig lysinforsyning <sup>1</sup> , g/dag	39,5	63,1	64,3
Soens gennemsnitlige vægtændring, kg	-2,3 <sup>a</sup>	3,7 <sup>b</sup>	7,1 <sup>b</sup>
Ændring i rygspæktykkelse fra faring til fjerde diegivningsuge, mm	-0,6 <sup>a</sup>	0,4 <sup>b</sup>	0,5 <sup>b</sup>
Kuldtilvækst i fjerde diegivningsuge, kg	6,9 <sup>a</sup>	7,2 <sup>ab</sup>	7,4 <sup>b</sup>

<sup>1</sup> Beregnet ud fra den gennemsnitlige foderoptagelse og foderets analyserede indhold af methionin og lysin. Tørstof er estimeret til 88 %.

<sup>a,b,c</sup> Forskellige bogstaver i samme række indikerer en statistisk sikker forskel (p<0,05)

I den fjerde uge i diegivningsperioden havde pattegrisene i gruppe 3 en højere tilvækst end pattegrisene i gruppe 1, mens grisene i gruppe 2 ikke var forskellig fra de to andre grupper. Søerne i gruppe 2 og 3 havde desuden en lavere koncentration af urea nitrogen i plasma på dag 14 og 28, hvilket kan være en indikator for, at disse søer ikke mobiliserede protein, hvilket understøttes af, at de havde en positiv tilvækst i diegivningsperioden. Gruppe 2 og 3 fik højere niveauer af både lysin og methionin, og det blev konkluderet, at den optimale methionin:lysin ratio var på 0,27, da søerne ikke har behov for en større vægtforøgelse under diegivningen. Ud fra tabellens tal er det dog mere nærliggende at konkludere, at det er en fordel at øge methionin til 30 % af lysin, selv om gevinsten ikke var statistisk sikker.

Upublicerede resultater fra Wilkinson og Cole resulterede for søer på 195 kg i, at methioninbehovet var 32 % af behovet for lysin (methionin:lysin ratio på 0,32), hvis outputtet af mælkeprotein var 250 g/dag, hvorimod behovet blev reduceret til 30 % af lysinbehovet, når outputtet af mælkeprotein blev øget til 400 g/dag [48].

Den daglige forsyning med lysin i gruppe 2 i forsøget af Grandhi [47] svarer til en foderoptagelse på 10,5 FEso af en diegivningsblanding med 6,0 g st. ford. råprotein pr. FEso, og den tilsvarende methioninforsyning ville da være 20 g st. ford. methionin pr. dag. Hvis normerne for lysin og methionin øges med 10 %, ville samme daglige aminosyreforsyning kunne opnås med 9,6 FEso pr. dag.

Den danske norm, hvor methionin udgør 32 % af lysin, ser således ud til at være i fin overensstemmelse med ovennævnte forsøg, der tyder på behov fra 30-32 %. NRC [32] angiver, at de har mistanke om, at deres norm på 26 % af lysin er for lav.

## Treonin

Treonin, vil i diegivningsfoder hvor der ikke er tilsat større mængder frie aminosyrer, oftest være den anden mest begrænsende aminosyre for diegivende søer [38], men det er dog begrænset hvor meget opmærksomhed den har fået rent forskningsmæssigt [49-52]. Westermeier et al. [50] fandt, at diegivende søer skulle have 31 g total treonin pr. dag for at minimere kropsmobilisering, mens Paulicks et al. [52] fandt at søerne kun skulle have 28 g pr. dag for at maksimere mælkeydelsen.

Cooper et al. [49] undersøgte effekten af forskellige niveauer af treonin og forskellige treonin:lysin ratioer. Søerne (419 søer, kuld størrelse standardiseret til 11 grise) blev fodret med 18 forskellige foderblandinger med treoninindhold på 0,30 % til 0,70 % og lysinindhold på henholdsvis 0,80 % og 1,06 % af foderet. Der blev ikke fundet nogen effekt af lysinniveauet og ingen interaktion mellem treonin og lysin på søernes vægt og vægtændringen gennem diegivningen (21 dages diegivningsperiode). Treonin havde ingen effekt på søernes rygspæktykkelse, men der var en kvadratisk effekt af stigende treoninindtag på kropsvægt, men effekten på kropsvægt var kun signifikant for søer ældre end 2. læg. Disse søer havde den højeste tilvækst ved 0,54 % treonin (38 g pr. dag). Lysin havde, ved de tildelte niveauer, ingen effekt på pattegrisenes tilvækst og vægt. Treonin havde en positiv effekt på kuldets fravænningsvægt, men der var en interaktion mellem treonin og lysin, således at der kun var effekt af treonin ved det lave niveau af lysin. Maksimal fravænningsvægt og kuldtilvækst blev opnået ved 0,53-0,55 % treonin svarende til 37-39 g total treonin pr. dag. Den optimale ratio mellem treonin og lysin i dette studie blev fastlagt til 0,69. Søerne i dette studie tog i gennemsnit 4,8 kg på gennem diegivningsperioden, og havde en højere foderoptagelse og passede flere grise end i de to andre studier nævnt ovenfor, hvor søerne tabte sig gennem diegivningsperioden. Dette vurderes, at være årsagen til det højere treoninbehov i undersøgelsen foretaget af Cooper et al. [49].

På baggrund af Kim et al. [37] (se tabel 4) foreslår Cooper et al. [49], at når essentielle aminosyrer udelukkende stammer fra foderet, og ikke mobilisering af kropsprotein, så var den optimale ratio mellem treonin og lysin 65 %, hvorimod den optimale ratio stiger til 75 %, hvis de essentielle aminosyrer frigøres via mobilisering af kropsvæv.

Den danske norm for treonin på 65 % af lysin svarer ud fra tabel 4 til en kropsmobilisering på ca. 15 kg og da det gennemsnitlige væggtab i den danske undersøgelse (figur 1) var lidt højere, vurderes det, at normen fastholdes på 65 % af lysin, selvom NRC anbefaler 63 % af lysin [32].

## Tryptofan

Tryptofan anses for at være den fjerde mest begrænsende aminosyre for svin. Der findes kun få internationale studier, der har beskæftiget sig med tryptofanforsyningen hos diegivende søer [53-55].

Lewis og Speer [53] udførte et dosis-responsforsøg med tryptofan, hvor der blev anvendt 5 niveauer af tryptofan fra 0,046 % til 0,161 %. Forsøgsfoderet indeholdt kun 7,2 % råprotein og 0,58 % lysin for at sikre,

at der i kontrolgruppen var et meget lavt niveau af tryptofan (0,046 %). Tryptofan udgjorde dermed fra 7,9 % til 27,8 % af lysinindholdet. I forsøget blev kuldstørrelsen standardiseret til 9 grise, hvilket er noget lavere end det, der aktuelt anvendes i Danmark. Soens tryptofanbehov blev blandt andet estimeret på baggrund af kvælstofaflejring, soens mælkeproduktion, mælkens sammensætning og pattegrisenes tilvækst. Niveaue af tryptofan havde ingen statistisk sikker effekt på søernes vægttab eller ændring af rygspæktykkelsen. Der blev fundet en statistisk sikker effekt ( $P < 0,05$ ) af tryptofanniveau på kvælstofaflejring, soens mælkeproduktion og mælkens proteinindhold, således at disse steg kvadratisk med stigende niveauer af tryptofan. Det skal bemærkes, at den lave daglige proteinforsyning medførte, at alle grupper havde en negativ kvælstofbalance. Stigende tryptofanniveau medførte en lineært stigende pattegrisetilvækst ( $P < 0,01$ ). Blandt søerne i kontrolgruppen med det laveste tryptofanniveau var der problemer med foderoptagelsen, hvilket også har påvirket forsøgets resultater. Det konkluderedes ud fra en vægtning af resultaterne, at tryptofanbehovet var 0,072 % af foderet, eller omregnet til procent af råproteinet 1,0 %. Omregnet til procent af lysin svarer dette til 12,4 %.

Upublicerede resultater fra Wilkinson og Cole resulterede for søer på 195 kg i, at tryptofanbehovet var 17 % af behovet for lysin, uanset om outputtet af mælkeprotein var 250 g/dag eller 400 g/dag [48].

I et nyere tysk studie udført af Pampuch et al. [54;55] blev søerne (kuldstørrelse på 10-12 grise, 12 søer pr. gruppe) fodret med seks niveauer af tryptofan (1,2 til 4,2 g/kg) ved et total lysinniveau på ca. 10,5 gram pr. kg. Resultater fra forsøget er vist i tabel 8.

**Tabel 8.** Effekt af stigende tryptofankoncentration i foderet på fravænningsvægt, pattegrisenes tilvækst, søernes vægttab og mælkeydelse [55].

Gruppe	1	2	3	4	5	6
Tryptofan, g/kg foder	1,2	1,5	1,8	2,4	3,0	4,2
Foderoptagelse, kg/dag	3,41	4,68	4,66	6,08	5,05	4,69
Tryptofan indtag, g/dag	4,1	7,0	8,4	14,6	15,2	19,7
Tryptofan:lysin ratio	0,11	0,14	0,17	0,23	0,28	0,39
Kuldvægt dag 28, kg	60	68	69	68	69	68
Pattegrisens tilvækst, g/dag	157	184	184	187	185	177
Soens vægttab, g/dag	1098	604	685	339	503	467
Mælkeydelse dag 21, g/dag	6840	8192	8362	9035	8618	8140

Søerne i gruppe 1 tabte sig mest gennem diegivningsperioden, og havde samtidig en markant lavere tilvækst hos pattegrisene og en lavere mælkeydelse. Udslagene over et niveau på 1,5 g tryptofan pr. kg foder var ret små. Der blev dog fundet en stigende mælkeydelse og foderindtag til og med 2,4 g tryptofan pr. kg foder (tryptofan:lysin ratio på 23 %), hvilket også var den gruppe hvor søerne havde det laveste vægttab



gennem diegivningsperioden. Det blev konkluderet, at gruppe 4 blev fodret mest optimalt rent produktionsmæssigt, når der blev optimeret på både soens væggtab og pattegrisenes tilvækst [55].

I samme studie blev der også målt på forskellige fysiologiske parametre i søernes plasma og mælk, og også her blev det fundet, at det optimale tryptofan niveau var 2,4 g/kg foder. Da serotoninkoncentrationen blev undersøgt, viste det sig, at denne var signifikant højere hos søer i gruppe 4 til 6, hvilket kan forklare den stigende foderoptagelse i disse grupper, da tryptofan indgår i syntesen af serotonin [54]. Serotonin spiller en vigtig rolle blandt de neurotransmittere, der er involveret i appetitregulering, og det er fundet, at mangel på tryptofan, specielt ved høje proteinniveauer i foderet kan reducere foderoptagelsen. Denne effekt er mere udtalt ved hundyr end ved galte [56]. En eventuel reducerende effekt på foderoptagelsen forventes at være mest udtalt, hvis foderet har et lavt forhold af tryptofan i forhold til de neutrale aminosyrer leucin, isoleucin, valin, fenylalanin og tyrosin samt alanin. Årsagen er, at disse sammen med tryptofan deler samme transportsystem i barrieren mellem blodbane og hjerne [56].

I forsøget blev der ikke fundet effekt af tryptofankoncentrationen i foderet på koncentrationer af aminosyrer i mælk eller plasma [54]. Når det samlede daglige output af tryptofan i mælken blev beregnet og sammenlignet med søernes tryptofanindtag, blev det af Paulicks et al. [55] konkluderet, at søerne i gruppe 1 til 3 skulle mobilisere tryptofan fra kroppen, for at dække deres behov til mælkeproduktion.

Pampuch et al. [54;55] konkluderede ud fra kuldtilvækst og soens væggtab, at tryptofan:lysinratioen skulle ligge på 23 % (gruppe 4). ARC [2] anbefalede, at tryptofan skulle udgøre 19 % af lysin, mens NRC [57] senere anbefalede 18 %, hvilket i 2012 blev ændret til 20 % [32], hvilket svarer til den danske norm [36]. Det vurderes på baggrund af det begrænsede forsøgsmateriale, samt øvrige anbefalinger, at forholdet tryptofan:lysin fortsat bør fastholdes på 20 %. Konsekvensen for en dansk diegivningsblanding er ubetydelig, idet en traditionelt sammensat diegivningsblanding typisk vil indeholde ca. 1,5 g st. ford. tryptofan pr. FEso, svarende til 25 % af lysinindholdet. Hvis lysin øges med 10 %, ville tryptofan, med en uændret proteinkoncentration i foderet, stadig udgøre 23 % af lysin. Tryptofan vurderes derfor ikke som værende tæt på begrænsende i foder til diegivende søer.

### De forgrenede aminosyrer (valin, isoleucin og leucin)

Der har de seneste år været stor fokus på behovet af de forgrenede aminosyrer, da studier med søer har givet vidt forskellige resultater [17;19;25-31;58].

For mange aminosyrer giver det god mening at estimere soens behov ud fra mælkeproduktionen og udskillelsen af de enkelte aminosyrer heri, men det ser ud til, at valin undviger fra dette. Yverets optag af valin er cirka 30 % højere end udskillelsen i mælk, hvilket indikerer, at valin bruges til andet end mælkesyntese i yveret [30;59]. Det foreslås, at valin kan bruges som energikilde [30], da valin for eksempel kan omsættes til succinyl-CoA, og dermed kan oxideres og bruges som energikilde [59]. Valin kan også

bruges som nitrogenkilde for syntese af ikke-essentielle aminosyrer, hvilket er påvist af Li et al. [60], som viste, at nogle af de dominerende aminosyrer i mælkeprotein, glutamin og aspartat, kunne produceres ud fra forgrenede aminosyrer i yveret. Richert et al. [31] fandt at valin optagelsen i soens yver er Na<sup>+</sup> afhængig, og at flere aminosyrer konkurrerede om det samme transportsystem. Høje niveauer af specielt leucin, alanin og methionin og til en hvis grad også lysin, hæmmer optagelsen af valin. Selv ved normale fysiologiske koncentrationer af leucin, kan forøgelse af leucin gå ud over valinoptagelsen i yveret. Resultaterne indikerede, at valin og de øvrige forgrenede aminosyrer optages i yveret ved hjælp af samme optagelsesmekanisme, således at forhøjet koncentration af en af aminosyrerne kan hæmme optagelsen af de andre [31].

Valin har den højeste oxidationsrate af alle aminosyrer i yveret [30]. Desuden er det påvist, at valinbehovet ser ud til at afhænge af antallet af diende grise ved soen [17], og dermed soens mælkeproduktion. Richert et al. [17] viste, at høj tildeling af lysin og valin kun havde en positiv effekt på søer, der havde et kuld på mere end ti grise (tabel 9). Der blev fundet en statistisk sikker effekt af at øge foderets koncentration af lysin fra 0,8 % til 1,2 % i foderet på både kuldets daglige tilvækst (P<0,001), soens væggtab (P<0,001), soens daglige foderoptagelse (P<0,02), mens lysinkoncentrationen ikke påvirkede soens tab af rygspæk i diegivningsperioden (P=0,82). Der blev ikke fundet vekselvirkninger mellem lysin og valinkoncentrationen i foderet, og der blev fundet en statistisk sikker effekt af valinkoncentrationen på kuldets daglige tilvækst (P<0,04), mens valinkoncentrationen ikke påvirkede soens væggtab (P=0,4), soens daglige foderoptagelse (P=0,38) eller soens tab af rygspæk (P=0,60).

**Tabel 9.** Effekt af to niveauer af lysin i foderet og samtidig ændring af ratioen mellem valin:lysin på kuldresultater og soens huldtab i diegivningsperioden for gruppen af søer der har fravænnnet over 10 grise [17].

Lysinkoncentration i foderet, %	0,80 % lysin			1,2 % lysin		
Valinkoncentration i foderet, % af lysin	80 %	100 %	120 %	80 %	100 %	120 %
Gennemsnitlig foderstyrke, kg/dag	4,38	4,44	4,59	4,76	4,65	4,86
Dagligt lysinindtag, g/dag	35,0	33,8	36,7	57,2	55,8	58,2
Dagligt valinindtag, g/dag	28,0	33,8	44,1	45,7	55,8	69,8
Antal fravænnede grise pr. kuld, stk.	10,6	10,44	10,43	10,54	10,48	10,49
Daglig kuldtilvækst, g/dag	2,18	2,12	2,28	2,36	2,29	2,55
Soens vægtændring, kg	21,6	23,2	24,5	11,9	13,1	13,7
Tab af rygspæktykkelse, mm	4,55	4,34	3,07	3,85	3,82	4,81

Det konkluderes af Richert et al. [17], at højtydende søer kræver store mængder lysin, og at forholdet mellem valin og lysin bør være 120 % for at sikre maksimal kuldtilvækst, hvorimod søernes væggtab og tab af rygspæk ikke blev påvirket af et valin:lysin på henholdsvis 80 % og 100 %. Resultaterne i tabel 9 indikerer dog også, at effekten af at øge lysinkoncentrationen langt overgår effekterne af valin, når der fokuseres på daglig kuldtilvækst og søernes væggtab. Når forsøgets resultater vurderes, ser det mærkeligt ud, at uanset

lysinkoncentration så er en valindosering på 100 % af lysin dårligere end både 80 % og 120 %, når der kigges på opnået daglig kuldtilvækst. Derfor kan der med baggrund i dette forsøg ikke konkluderes, at valin:lysin ratio skal være over 80 %.

Når der ses en effekt af valinkoncentrationen uanset niveauet af lysin på pattegrisenes tilvækst, så kunne en mulig forklaring være, at valin via isobutytrat, som er et produkt af valinomsætningen i yveret, kunne øge mængden af visse fedtsyrer i mælken, hvilket er påvist i gedemælk [61]. Effekten er den samme, som Nissen et al. [62] påviste hos søer, som blev tildelt  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methyl butyrat (et produkt af leucin). På rotter og malkekvæg er det desuden vist, at tildeling af ekstra forgrenede aminosyrer øger koncentrationen af prolaktin og somatotropin i plasma [17]. Prolaktin frigives fra hypofysen til blodet, som respons på pattegrisenes stimulering af yveret, og stimulerer mælkesyntesen i yveret. Det er derfor muligt, at en øget sekretion af prolaktin kan øge syntesen af mælk.

Paulicks et al. [28] undersøgte effekten af stigende dagligt indtag af valin. Søerne var fordelt på seks foderblandinger med stigende indhold af valin (fra 4,5 til 14,5 g pr. kg) og stigende valin:lysin ratio (fra 45 % til 144 %) idet lysinkoncentrationen i foderet blev holdt konstant på 10 gram total lysin pr. kg (tabel 10). Det høje niveau af lysin betyder, at forsøget ikke kan bruges til at afgøre, hvor meget valin skal udgøre i procent af lysin, men alene til at vurdere valinbehovet i gram pr. kg foder eller pr. dag.

**Tabel 10.** Effekt af valinkoncentration i foderet og valin:lysin ratio på produktionsresultaterne ved søer [28].

	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4	Gruppe 5	Gruppe 6
Valinkoncentration i foder, g/kg	4,5	5,5	6,5	8,5	10,5	14,5
Foderoptagelse pr. dag, kg	2,9	4,3	4,6	4,6	4,9	5,1
Valinoptagelse pr. dag, g	13,1	23,7	29,9	39,1	51,5	74,0
Valin:lysin ratio, %	45	55	65	85	105	145
Soens væggtab, kg/dag	1,21	0,80	0,77	0,73	0,53	0,47
Mælkeydelse dag 22, kg	7,1	8,7	9,3	8,9	8,8	10,0
Fravænningsvægt pr. gris, kg	4,4	4,9	5,0	5,1	5,0	5,1
Mælkeprotein dag 22, %	3,8	4,2	4,5	4,5	4,7	4,4
Mælkefedt dag 22, %	8,9	8,0	8,2	7,5	8,0	7,7

I forsøget blev søernes væggtab gennem diegivningsperioden samt søernes mælkeydelse og - sammensætning bestemt. Pattegrisenes daglige tilvækst og fravænningsvægt blev endvidere registreret. Resultaterne fra de seks grupper er vist i tabel 10. Søer i gruppe 1 havde et signifikant større væggtab end resten af grupperne, men foderoptagelsen i gruppe 1 var også meget lavere end for de øvrige grupper. Numerisk set havde gruppe 6 det laveste væggtab. Mælkeydelsen på dag 22 var signifikant lavere i gruppe 1 i forhold til de øvrige grupper. Antallet af fravænnede grise pr. kuld var upåvirket af valin, og fravænningsvægten var signifikant lavere for gruppe 1 i forhold til de andre grupper (4,4 vs. 4,9 til 5,1 kg), mens gruppe 1 og 2 havde en signifikant lavere daglig tilvækst end de andre grupper (146 til 171 g/dag vs.

195 til 210 g/dag). Numerisk set havde gruppe 6 den højeste fravænningsvægt og daglige tilvækst. Søerne i gruppe 1 havde en signifikant lavere foderoptagelse i forhold til de andre grupper (2,9 vs. 4,3 til 5,1 kg/dag), hvilket også kommer til udtryk ved, at disse søer havde en højere mobilisering fra kroppen og en lavere mælkeydelse. Desuden havde søerne i gruppe 1 også et højere fedtindhold i mælken (tabel 10), hvilket tyder på at disse søer har mobiliseret fedt fra kroppen til mælkeproduktion. Den lavere mælkeproduktion ved de laveste valinindtag resulterede i en lavere tilvækst hos pattegrisene [28].

Trods det, at pattegrisene fra dag 22 til 35 havde adgang til ekstra foder, var grise fra gruppe 1 ikke i stand til at indhente den lavere tilvækst i forhold til de øvrige grupper. Det blev konkluderet at søer med 10-12 pattegrise mindst skal have 30 g valin pr. dag [28].

Richert et al. [30] udførte et forsøg med ca. 40 søer pr. gruppe, hvor det blev sikret, at lysin var den førstbegrænsende aminosyre (alle andre aminosyrer, med undtagelse af valin blev tilsat med mindst 110 % af NRC anbefalingen). Ved at øge den daglige forsyning med valin gradvist fra 48 til 72 g pr. dag og samtidig at ændre valin:lysin ratio fra 83 % til 128 %, blev der ikke observeret nogen effekt på søernes vægttab og tab af rygspæk (tabel 10). Kuldets tilvækst steg fra 61 kg til 64 kg når valinkoncentrationen i foderet blev øget fra 0,69 % til 1,11 % (tabel 11).

**Tabel 11.** Effekt af valinkoncentration i foderet og valin:lysin ratio på produktionsresultaterne ved søer, når foderet indeholdt 0,9 % lysin [30].

	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4	Gruppe 5
Antal søer, stk.	40	41	41	40	41
Valinkoncentration i foder, %	0,69	0,80	0,89	0,99	1,11
Gennemsnitlig foderoptagelse, kg/dag	6,42	6,00	6,15	6,34	6,27
Valinoptagelse pr. dag, g	44,3	48,0	54,7	62,8	69,6
Valin:lysin ratio, %	76,7	88,9	98,9	110,0	123,3
Soens vægtændring, kg/dag	1,00	-2,65	-2,61	-0,38	-1,18
Soens ændring i rygspæktykkelse, mm	-2,15	-2,22	-2,43	-2,01	-2,20
Fravænnede grise pr. kuld, stk.	10,16	10,18	10,33	10,36	10,31
Pattegrisetilvækst i dieperioden, kg <sup>1</sup>	60,60	60,66	62,09	63,34	63,99

<sup>1</sup> Lineær effekt af stigende valinkoncentration på pattegrisenes tilvækst (P>0,01)

I studiet blev der også målt koncentrationer af urea nitrogen, kreatinin og aminosyrer i plasma. Ved stigende valinindtag blev der observeret stigende koncentrationer af urea nitrogen og valin, og en tendens til stigende kreatinin, men disse stigninger kan formodentlig ikke tilskrives øget mobilisering af kropsprotein, da søerne kun tabte 1-2 kg gennem hele diegivningsperioden. Det konkluderes i stedet, at de stigende koncentrationer af urea nitrogen og kreatinin skyldes øget hastighed for protein turnover og resyntetisering [30]. I studiet blev

det diskuteret, om hvorvidt den observerede effekt skyldes valin alene, eller summen af de forgrenede aminosyrer tilsammen.

Moser et al. [63] undersøgte om en øget fravænningsvægt skyldtes valin alene, eller om leucin og isoleucin havde samme effekt. Søerne blev fordelt på otte foderblandinger og der blev anvendt to niveauer af henholdsvis valin (0,80 % og 1,20 %), isoleucin (0,68 % og 1,08 %) og leucin (1,57 % og 1,97 %). Man fandt ingen interaktioner mellem de tre aminosyrer, og der var ingen effekt af henholdsvis leucin og isoleucin på pattegrisenes tilvækst, fravænningsvægt eller overlevelse. Ved at øge valinindtaget fra 48 g til 64 g pr. dag blev pattegrisenes tilvækst og vægt højere (se tabel 12). Et højere niveau af valin øgede tabet af rygspæk (1,5 mm), men forskellen var dog ikke specielt stor. Derudover var der ingen effekt af nogen af aminosyrerne på søernes vægt, rygspæktykkelse eller mælkesammensætning. Dette indikerede, at effekten på pattegrisenes tilvækst og vægt alene skyldes valin og ikke de andre forgrenede aminosyrer, og at effekten kunne skyldes en øget mælkeproduktion. I forsøget blev der afprøvet to valin:lysin ratioer, og en ratio på 123 % gav højere tilvækst og vægt hos pattegrise end 89 % [63].

**Tabel 12.** Effekt af to niveauer af valin på kuldvægt og kuldtilvækst [63].

	Gruppe 1	Gruppe 2
Valin, g/dag	48	64
Valin:lysin ratio, %	89	123
Antal søer, stk.	155	151
Antal fravænnede grise, stk.	10,6	10,6
Kuldvægt dag 21, kg	62,3 <sup>a</sup>	64,3 <sup>b</sup>
Kuldtilvækst dag 2 til 21, kg	42,7 <sup>a</sup>	44,4 <sup>b</sup>

<sup>a,b</sup> Forskellige bogstaver i samme række indikerer en statistisk sikker forskel ( $p < 0,05$ )

Disse resultater bekræftede resultaterne fra et studie af Richert et al. [29], hvor man også testede effekten af de individuelle forgrenede aminosyrer og interaktioner mellem dem. Her blev observeret, at et øget indtag af forgrenede aminosyrer øgede pattegrisenes tilvækst og vægt, men at dette kun kunne tilskrives et øget indtag af valin. I forsøget blev det konkluderet, at en højtproducerende so havde et valinbehov på 70-80 g pr. dag.

ARC [2] anbefalede at valin:lysin ratioen skulle være 70 %, mens NRC [57] anbefalede 85 %, og valgte at fastholde dette ved revisionen i 2012 [32]. Den gamle danske norm foreskriver at valin:lysin ratioen skal være 83 %, svarende til 5,0 g st. ford. råprotein pr. FEso (tabel 1). En dansk so vil i gennemsnit blive tildelt 30-35 g st. ford. valin pr. diegivningsdag (svarende til omkring 35-41 g total valin pr. dag), og når mælkeproduktionen er maksimal (omkring dag 16-19), vil den daglige valinforsyning typisk ligge omkring 45-55 g st. ford. valin (svarende til omkring 52-64 g total valin pr. dag), hvorved det vurderes, at danske søer vil optage tilstrækkeligt valin, hvis normen fastholdes på 5,0 g st. ford. valin pr. FEso, hvis blot det sikres, at den gennemsnitlige foderstyrke i diegivningsperioden ikke er under 6,5-7 FEso pr. dag. Dette medfører, at

valin:lysin forholdet reduceres til 76 %, hvis lysinnormen forøges med 10 %, men de meget forskellige resultater der er opnået med valin, og de små effekter ved stigende valin:lysin ratio, der blandt andet konstateres af Richert et al. og Moser et al. [17;63] retfærdiggør, at valinnormen, udtrykt i gst. ford. pr. FEso ikke ændres før der er udført forsøg med søer af dansk genetik og med et højt produktivitetsniveau. En fastholdelse af lysinnormen på 5,0 g st. ford. lysin understøttes endvidere af modelberegninger baseret på Hansen et al. [41], som estimerede at søer, der fravæner henholdsvis 12 og 14 grise á 7,5 kg, har haft et dagligt valinbehov, som toppede på henholdsvis 38,4 g st. ford. valin og 45,5 g st. ford. valin. Dette ligger indenfor den daglige forsyning, der sikres med den nævnte gennemsnitlige foderoptagelse på 6,7 til 7,0 FEso pr. dag.

### De aromatiske aminosyrer (fenylalanin og tyrosin)

Litteraturen vedrørende de aromatiske aminosyrer fenylalanin og tyrosin er yderst sparsom [32] og begrænser sig til to artikler fra 1980'erne [64;65]. Det vurderes derfor, at forholdene har ændret sig så meget, at disse studier ikke kan lægges til grund for at ændre forholdet mellem fenylalanin/tyrosin og lysin.

Lellis og Speer [64] undersøgte behovet for fenylalanin og tyrosin ved hjælp af et 6×6 latin square design med 6 søer og 6 niveauer af fenylalanin (0,30 % til 1,05 %). Lysinniveauet var fastlagt til 0,60 % og tyrosinniveauet til 0,09 %, svarende til, at ratioen fenylalanin:lysin varierede fra 0,5 til 1,75. Forholdet mellem fenylalanin+tyrosin:lysin var derfor tilsvarende 0,65 til 1,9. Kuldene blev standardiseret til 9 grise pr. so, og længden for hver forsøgsperiode var 10 dage (grisene blev efter hver anden periode udskiftet med et nyt kuld 7 dage gamle grise). Søernes foderoptagelse blev begrænset til maksimalt 5,5 kg, så den daglige tildeling af fenylalanin varierede fra 16,5 g til 57,8 g. Ud fra en samlet vurdering af den genererede pattegrisetilvækst, soens mælkeydelse, indhold af urea kvælstof i plasma og mælk samt udskillelsen af kvælstof, konkluderes det, at 0,65 % fenylalanin +0,09 % tyrosin svarer til soens behov for fenylalanin+tyrosin [64].

I et yderligere forsøg undersøgte Lellis og Speer [65] behovet for fenylalanin, når der var overskud af tyrosin i diegivningsfoderet. Forsøgsdesignet var stort set det samme bortset fra, at hver periode blev reduceret til 7 dage. Lysinkoncentrationen i foderet var 0,65 %, tyrosinkoncentrationen 0,47 %, mens koncentrationen af fenylalanin blev varieret fra 0,175 % til 0,55 %. Dette svarer til, at forholdet fenylalanin:tyrosin blev afprøvet i intervallet 0,27 til 0,85. Samlet var forholdet mellem fenylalanin+tyrosin:lysin således 0,99 til 1,57. Resultaterne viste, at et niveau på 0,34 % fenylalanin var tilstrækkeligt, og at tyrosin kunne dække 48-54 % af det samlede behov for aromatiske aminosyrer.

I den danske norm er niveauet af fenylalanin og tyrosin fastlagt til 7,0 g st. ford. pr. FEso, eller omregnet til 117 % af lysinniveauet. Omregnes resultaterne fra Lellis og Speer [64] fås, at summen af fenylalanin+tyrosin skal udgøre 108 % af lysin. Resultaterne fra Lellis og Speer [65] viste, at et forhold mellem fenylalanin og lysin på 52 % var tilstrækkeligt, når blot der var en samtidig tyrosinforsyning af omtrent

samme størrelse. Samlet svarer det til, at forholdet mellem fenylalanin + tyrosin og lysin skal være mindst 104 %. I den danske norm er forholdet mellem fenylalanin:lysin angivet til 60 % (tabel 1), mens NRC [32] anbefaler 55 %. Det vurderes på baggrund af de sparsomme forsøg med fenylalanin og tyrosin, at det ikke er afgørende, om der anvendes en ratio på 55 % eller 60 % mellem fenylalanin og lysin, og derfor foreslås, at der anvendes en ratio mellem fenylalanin:lysin på 55 %. I somælk udgør fenylalanin 52 % af lysin, mens indholdet af tyrosin er 56 % af lysin [35]. Det samlede indhold af de to aminosyrer udgør dermed 108 % af lysin, hvilket er lidt lavere end de 115 % angivet af ARC [2], 112 % angivet af NRC [57] og senest de 114 % angivet af NRC [32]. En forøgelse af lysinnormen vil medføre en reduceret ratio af fenylalanin+tyrosin:lysin, men det vurderes, at hvis denne ligger på niveau med NRC [32], vil der stadig være en vis sikkerhedsmargin til et eventuelt forbrug som energikilde eller nitrogenkilde for syntese af ikke-essentielle aminosyrer i yveret.

For at undersøge hvor meget fenylalanin og tyrosin der, med en typisk dansk råvaresammensætning, er i en typisk diegivningsblanding, blev der konstrueret adskillige foderblandinger. Optimeringerne viste, at der ved optimering med 110 g st. ford. råprotein pr. FEso ville være et forhold mellem fenylalanin:lysin på omtrent 89 % (svagt afhængig af råvaresammensætningen) samt et forhold mellem fenylalanin+tyrosin:lysin på omtrent 150 % (igen svagt afhængig af råvaresammensætningen). Uden at fenylalanin og fenylalanin + tyrosin bliver begrænsende, kan lysin dermed øges helt op til 7,7 g st. ford. råprotein pr. FEso.

## Histidin

Denne essentielle aminosyre har ikke fået nogen særlig opmærksomhed til diegivende søer. I somælk udgør histidin 32 % af lysin [35] og NRC [57] estimerede, at histidinbehovet til vedligehold og proteinaflejring begge udgjorde 32 % af lysin, mens histidin til mælkesyntese krævede 40 % af lysin. NRC [32] angav, at histidin til diegivende søer burde udgøre 39 % af lysin, mens den danske norm anbefaler et histidin:lysin forhold på 42 %. På baggrund af manglende forsøgsresultater vurderes, at normen for histidin fortsat bør være 39-42 % af lysin.

Da histidin ikke kan tilsættes syntetisk, men kun kan forøges ved at øge diegivningsfoderets indhold af st. ford. råprotein, er det ved hjælp af foderoptimeringer undersøgt, hvordan histidinindholdet er i typiske danske diegivningsblandinger. Resultaterne viste, at der ved optimering med 110 g st. ford. råprotein pr. FEso ville være et forhold mellem histidin:lysin på omtrent 45 % (svagt afhængig af råvaresammensætningen). Dermed kan niveauet af lysin øges til 6,5 g st. ford. pr. FEso, uden at histidin bliver begrænsende. Hvis det tillades at histidin:lysin reduceres til 39 %, så vil lysin kunne øges op til 6,9 g st. ford. pr. FEso.

## Konklusion

Litteraturstudiet viste, at behovet for lysin og alle øvrige aminosyrer til mælkeydelse er stort, når søerne skal die kuld på 10-14 grise. Trods en høj foderoptagelse vil de fleste søer skulle mobilisere protein fra kroppen,

for at tilgodese specielt behovene for lysin og til en vis grad treonin og valin til mælkeydelsen. Med udgangspunkt i dette, er der i tabel 13 angivet et forslag til nye normer for aminosyrer til diegivende søer. De nye normer giver mulighed for at soen kan producere en øget pattegrisetilvækst inden den skal mobilisere protein fra egen krop, og derved forventes en forøgelse af produktiviteten uden at soen skal kompensere med vægttab, og deraf følgende risiko for efterfølgende reproduktionscyklus.

**Tabel 13.** Gammel og ny norm for aminosyrer til diegivende søer. Normen er udtrykt i både g st. ford. aminosyre pr. FEso og i pct. af lysin.

	Gammel norm		Ny norm baseret på litteraturstudie	
	g st. ford. pr. FEso	% af lysin	g st. ford. pr. FEso	% af lysin
Lysin	6	100	6,6	100
Methionin	1,9	32	2,1	32
Methionin + cystin	3,6	60	4,0	60
Treonin	3,9	65	4,3	65
Tryptofan	1,2	20	1,3	20
Isoleucin	4,2	70	3,7	56
Leucin	7,0	117	7,6	115
Histidin	2,5	42	2,6	39
Fenylalanin	3,6	60	3,6	55
Fenylalanin + tyrosin	7,0	117	7,5	114
Valin	5,0	83	5,0	76
Min.st. ford. råprotein	110		110	

Ændringerne i tabel 13 er fremkommet ved en samlet vurdering af den forhenværende danske norm for aminosyrer til diegivende søer, forsøgsresultater fra internationale forsøg, modelberegninger og endelig de seneste anbefalinger fra NRC. Normerne for lysin, methionin, cystin, treonin og tryptofan er alle øget med 10 %. For isoleucin, leucin, histidin og fenylalanin er normerne ændret, så der opnås samme ratio til lysin, som anbefalet af NRC. Det betyder, at mængden af isoleucin er reduceret med 0,5 g st. ford. pr.FEso, mens mængden af histidin kun er øget med 0,1g st. ford. pr. FEso, hvilket er procentuelt lavere end ændringerne for de øvrige aminosyrer. For fenylalanin + tyrosin er normen ændret til 114 % af lysin, svarende til anbefalingen fra NRC. Normen for valin er uændret 5,0 g st. ford. pr.FEso, hvilket medfører at valin:lysinratio reduceres til 76 %. Der er en del usikkerhed omkring betydningen af valin, og omkostningerne til at øge denne aminosyre alene medfører, at VSP ønsker at iværksætte en nærmere undersøgelse, som kan fastlægge valin:lysin ratioen under danske produktionsforhold.



Samlet konkluderes, at der med en uændret mængde råprotein på 110 g st. ford. Pr. FEso kan forventes en forøgelse af mælkeydelsen og en lavere mobilisering af protein fra soen, når de nye aminosyrenormer baseret på dette litteraturstudie implementeres.

//NJK//

## Referencer

- [1] Danielsen,V.: (1996): Normer for essentielle aminosyrer. [Bilag fra Landsudvalget for Svins \(nu Videncenter for Svineproduktion\) Fodringsseminar 1996.](#)
- [2] ARC: (1981): The Nutrient Requirement of Pigs. Technical Review, Commonwealth Agricultural Bureaux. England, pp. 307.
- [3] NRC: (1988): Nutrient Requirement of Swine. 1988. National Academy Press ,Washington, DC.
- [4] Nielsen,N.O.; Jultved,C.R. Rapport over E-kontrollens resultater oktober 2000. [Notat nr.0054, Landsudvalget for Svin, Dansk Landbrugsrådgivning og Landscentret | Svin.](#)
- [5] Vinther,J. Landsgennemsnit for produktivitet i Svineproduktionen 2011. [Notat nr. 1212. Videncenter for Svineproduktion.](#)
- [6] Moustsen,V.A.; Poulsen,H.L.; Nielsen,M.B.F.: (2004): Krydsningssøer dimensioner. [Meddelelse nr. 646. Landsudvalget for Svin og Videncenter for Svineproduktion, den Rullende Afprøvning.](#)
- [7] Zak,L.J.; Cosgrove,J.R.; Aherne,F.X.; Foxcroft,G.R.: (1997): Pattern of feed intake and associated metabolic and endocrine changes differentially affect postweaning fertility in primiparous lactating sows. *Journal of Animal Science*, 75, pp. 208-216.
- [8] Koketsu,Y.; Dial,G.D.; Pettigrew,J.E.; King,V.L.: (1996): Feed intake pattern during lactation and subsequent reproductive performance of sows. *Journal of Animal Science*, 74, pp. 2875-2884
- [9] Hansen,A.V.; Strathe,A.B.; Kebreab,E.; France,J.; Theil,P.K.: (2012): Predicting milk yield and composition in lactating sows: A Bayesian approach. *Journal of Animal Science*, 90, pp. 2285-2298.
- [10] Boomgaardt,J.; Baker,D.H.; Jensen,A.H.; Harmon,B.G.: (1972): Effect of Dietary Lysine Levels on 21-Day Lactation Performance of First-Litter Sows. *Journal of Animal Science*, 34, pp. 408-410.
- [11] Coma,J.; Zimmerman,D.R.; Carrion,D.: (1996): Lysine requirement of the lactating sow determined by using plasma urea nitrogen as a rapid response criterion. *Journal of Animal Science*, 74, pp. 1056-1062.
- [12] Dourmad,J.Y.; Noblet,J.; Etienne,M.: (1998): Effect of protein and lysine supply on performance, nitrogen balance, and body composition changes of sows during lactation. *Journal of Animal Science*, 76, pp. 542-550.

- [13] Hurley,W.L.; Wang,H.; Bryson,J.M.; Shennan,D.B.: (2000): Lysine uptake by mammary gland tissue from lactating sows. *Journal of Animal Science*, 78, pp. 391-395.
- [14] Knabe,D.A.; Brendemuhl,J.H.; Chiba,L.I.; Dove,C.R.: (1996): Supplemental lysine for sows nursing large litters. *Journal of Animal Science*, 74, pp. 1635-1640.
- [15] Lewis,A.J.; Speer,V.C: (1973): Lysine Requirement of the Lactating Sow. *Journal of Animal Science*, 37, pp. 104-110.
- [16] Mejia-Guadarrama,C.A.; Pasquier,A.; Dourmad,J.Y.; Prunier,A.; Quesnel,H.: (2000): Protein (lysine) restriction in primiparous lactating sows: Effects on metabolic state, somatotropic axis, and reproductive performance after weaning. *Journal of Animal Science*, 80, pp. 3286-3300.
- [17] Richert,B.T.; Tokach,M.D.; Goodband,R.D.; Nelssen,J.L.; Campbell,R.G.; Kershaw,S.: (1997): The effect of dietary lysine and valine fed during lactation on sow and litter performance. *Journal of Animal Science*, 75, pp. 1853-1860.
- [18] Sohail,M.A.; Cole,D.J.; Lewis,D.: (1978): Amino acid requirements of the breeding sow. 2. The dietary lysine requirement of the lactating sow. *British Journal of Nutrition*, 40, pp. 369-376.
- [19] Soltwedel,K.T.; Easter,R.A.; Pettigrew,J.E.: (2006): Evaluation of the order of limitation of lysine, threonine, and valine, as determined by plasma urea nitrogen, in corn-soybean meal diets of lactating sows with high body weight loss. *Journal of Animal Science*, 84, pp. 1734-1741.
- [20] Touchette,K.J.; Allee,G.L.; Newcomb,M.D.; Boyd,R.D.: (1998): The lysine requirement of lactating primiparous sows. *Journal of Animal Science*, 76, pp. 1091-1097.
- [21] Touchette,K.J.; Allee,G.L.; Newcomb,M.D.; Boyd,R.D.: (1998): The use of synthetic lysine in the diet of lactating sows. *Journal of Animal Science*, 76, pp. 1437-1442.
- [22] Yang,H.; Pettigrew,J.E.; Johnston,L.J.; Shurson,G.C.; Walker,R.D.: (2000): Lactational and subsequent reproductive responses of lactating sows to dietary lysine (protein) concentration. *Journal of Animal Science*, 78, pp. 348-357.
- [23] Yang,H.; Pettigrew,J.E.; Johnston,L.J.; Shurson,G.C.; Wheaton,J.E.; White,M.E.; Koketsu,Y.; Sower,A.F.; Rathmacher,J.A.: (2000): Effects of dietary lysine intake during lactation on blood metabolites, hormones, and reproductive performance in primiparous sows. *Journal of Animal Science*, 78, pp. 1001-1009.
- [24] Yang,H.; Foxcroft,G.R.; Pettigrew,J.E.; Johnston,L.J.; Shurson,G.C.; Costa,A.N.; Zak,L.J.: (2000): Impact of dietary lysine intake during lactation on follicular development and oocyte maturation after weaning in primiparous sows. *Journal of Animal Science*, 78, pp. 993-1000.
- [25] Carter,S.D.; Hill,G.M.; Mahan,D.C.; Nelssen,J.L.; Richert,B.T.; Shurson,G.C.: (2000): Effects of dietary valine concentration on lactational performance of sows nursing large litters. NCR-42 Committee on

Swine Nutrition. *Journal of Animal Science*, 78, pp. 2879-2884.

- [26] Gaines,A.M.; Boyd,R.D.; Johnston,M.E.; Usry,J.L.; Touchette,K.J.; Allee,G.L.: (2006): The dietary valine requirement for prolific lactating sows does not exceed the National Research Council estimate. *Journal of Animal Science*, 84, pp. 1415-1421.
- [27] Jackson,S.C.; Bryson,J.M.; Wang,H.; Hurley,W.L.: (2000): Cellular uptake of valine by lactating porcine mammary tissue. *Journal of Animal Science*, 78, pp. 2927-2932.
- [28] Paulicks,B.R.; Ott,H.; Roth-Maier,D.A.: (2003): Performance of lactating sows in response to the dietary valine supply. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 87, pp.389-396.
- [29] Richert,B.T.; Goodband,R.D.; Tokach,M.D.; Nelssen,J.L.: (1997): Increasing valine, isoleucine, and total branched-chain amino acids for lactating sows. *Journal of Animal Science*, 75, pp.2117-2128.
- [30] Richert,B.T.; Tokach,M.D.; Goodband,R.D.; Nelssen,J.L.; Pettigrew,J.E.; Walker,R.D.; Johnston,L.J.: (1996): Valine requirement of the high-producing lactating sow. *Journal of Animal Science*, 74, pp. 1307-1313.
- [31] Schmid,S.C.; Bryson,J.M.; Hurley,W.L.: (2000): Valine Uptake by Lactating Porcine Mammary Tissue. 2000. Illini PorkNet Papers, Department of Animal Science, University of Illinois, Urbana, pp. 2.
- [32] NRC: (2012): Nutrient Requirements of Swine. 11. udgave, National Research Council, Subcommittee on Swine Nutrition, Committee on Animal Nutrition, pp. 400.
- [33] Boisen,S.; Bech-Andersen,S.; Danielsen,V.: (1998): Aminosyreindholdet i somælk i relation til officielt angivne behov og normer for aminosyrer i foder til smågrise. [Meddelelse nr. 712, Statens Husdyrbrugsforsøg.](#)
- [34] Danielsen,V.: (1992): Lysin til diegivende søer. [Meddelelse nr. 817, Statens Husdyrbrugsforsøg.](#)
- [35] Darragh,A.J.; Morgan,P.J.: (1998): The composition of colostrum and milk. I: Verstegen,M.W.A.; Moughan,P.J.; Schrama,J.W. (ed.): *The lactating sow* Wageningen, Wageningen Pers, pp. 3-22.
- [36] Tybirk,P.; Sloth,N.M.; Jørgensen,L.: (2012): [Normer for næringsstoffer, 17. udgave, Videncenter for Svineproduktion.](#)
- [37] Kim,S.W.; Baker,D.H.; Easter,R.A.: 2001): Dynamic ideal protein and limiting amino acids for lactating sows: the impact of amino acid mobilization. *Journal of Animal Science*, 79, pp. 2356-2366.
- [38] Kim,S.W.; Hurley,W.L.; Wu,G.; Ji,F.: (2009): Ideal amino acid balance for sows during gestation and lactation. *Journal of Animal Science*, 87, pp. E123-E132.
- [39] Sørensen,G.: (2005): Tørfoder efter ædelyst til diegivende søer. [Meddelelse nr. 686, Landsudvalget for Svin og Videncenter for Svineproduktion, den Rullende Afprøvning.](#)

- [40] Whittemore,C.T.; Hazzledine,M.J.; Close,W.H.: (2003): Nutrient requirement standards for pigs. British Society of Animal Science, Penicuik, pp. 28.
- [41] Hansen,A.V.; Strathe,A.B.; Kebreab,E.; Theil,P.K.: (2012): Dietary protein and amino acid requirements in lactating sows is estimated using population-based factorial approach. Journal of Animal Science, 90 [E-suppl. 2], pp. 33.
- [42] Stahly,T.S.; Cromwell,G.L.; Monegue,H.J.: (1990): Lactational responses of sows nursing large litters to dietary lysine levels. Journal of Animal Science, 68, pp. 369.
- [43] Thaler,R.C.; Woerman,R.L.; Britzman,D.B.: (1992): Effect of lysine level in lactation diets on sow performance and milk composition. Journal of Animal Science, 70, pp. 238.
- [44] King,R.H.; Toner,M.S.; Dove,H.; Atwood,C.S.; Brown,W.G.: (1993): The response of first-litter sows to dietary protein level during lactation. Journal of Animal Science, 71, pp. 2457-2463.
- [45] Ganguli,M.C.; Speer,V.C.; Ewan,R.C.; Zimmerman,D.R.: (1971): Sulfur Amino Acid Requirement of the Lactating Sow. Journal of Animal Science, 33, pp. 394-400.
- [46] Schneider,R.; Kirchgessner,M.; Schwarz,F.J.; Paulicks,B.R.: (1992): Futtermittelaufnahme und Lebendmasseentwicklung von Sauen während der Laktation in Abhängigkeit von der Methioninversorgung. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 68, pp. 235-243.
- [47] Grandhi,R.R.: (2002): Effect of dietary methionine to lysine ratio on lactation performance of first and second parity Yorkshire and Hampshire lean genotype sows. Canadian Journal of Animal Science, 82, pp.173-181; 2002.
- [48] Close,W.H.; Cole,D.J.A.: (2000): Protein and amino acids. I: Nutrition of sows and boars. Nottingham University Press, Nottingham, pp. 71-96.
- [49] Cooper,D.R.; Patience,J.F.; Zijlstra,R.T.; Rademacher,M.: (2001): Effect of nutrient intake in lactation on sow performance: determining the threonine requirement of the high-producing lactating sow. Journal of Animal Science, 79, pp. 2378-2387.
- [50] Westermeier,C.; Paulicks,B.R.; Kirchgessner,M.: (1998): Futtermittelaufnahme und Lebendmasseentwicklung von Sauen und Ferkeln während der Laktation in Abhängigkeit von der Threoninversorgung der Sau. 1. Mitteilung zum Threoninbedarf laktierender Sauen. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 79, pp. 33-45.
- [51] Lewis,A.J.; Speer,V.C.: (1975): Threonine Requirement of the Lactating Sow. Journal of Animal Science, 40, pp.892-899.
- [52] Paulicks,B.R.; Westermeier,C.; Kirchgessner,M.: (1998): Milchmenge und Milchinhaltsstoffe bei Sauen in Abhängigkeit von der Threoninversorgung. 2.Mitteilung zum Threoninbedarf laktierender Sauen.

Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 79, pp.102-111.

- [53] Lewis,A.J.; Speer,V.C.: (1974): Tryptophan Requirement of the Lactating Sow. Journal of Animal Science, 38, pp. 778-784.
- [54] Pampuch,F.G.; Paulicks,B.R.; Roth-Maier,D.A.: (2006): Studies on the tryptophan requirement of lactating sows. Part 2: Estimation of the tryptophan requirement by physiological criteria. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 90, pp. 482-486.
- [55] Paulicks,B.R.; Pampuch,F.G.; Roth-Maier,D.A.: (2006): Studies on the tryptophan requirement of lactating sows. Part 1: Estimation of the tryptophan requirement by performance. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 90, pp. 474-481.
- [56] Henry,Y.; Seve,B.; Colleaux,Y.;Ganier,P.; Saligautt,C.; Jegot,P.: (1992): Interactive effects of dietary levels of tryptophan and protein on voluntary feed intake and growth performance in pigs, in relation to plasma free amino acids and hypothalamic serotonin. Journal of Animal Science, 70, pp. 1873-1887.
- [57] NRC: (1998): Nutrient Requirement of Swine. 9. Udgave, National Academy Press, Washington DC.
- [58] Roth-Maier,D.A.; Ott,H.; Roth,F.X.; Paulicks,B.R.: (2004): Effects of the level of dietary valine supply on amino acids and urea concentration in milk and blood plasma of lactating sows. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 88, pp. 39-45.
- [59] Trottier,N.L.; Shipley,C.F.; Easter,R.A.: (1997): Plasma amino acid uptake by the mammary gland of the lactating sow. Journal of Animal Science, 75, pp. 1266-1278.
- [60] Li,P.; Knabe,D.A.; Kim,S.W.; Lynch,C.J.; Hutson,S.M.; Wu,G.: (2009): Lactating Porcine Mammary Tissue Catabolizes Branched-Chain Amino Acids for Glutamine and Aspartate Synthesis. The Journal of Nutrition, 139, pp. 1502-1509.
- [61] Massart-Leen,A.M.; Peeters,G.; Vandeputte-Vanmessom,G.; Roets,E.; Burvenich,C.: (1983): Effects of valerate and isobutyrate on fatty acid secretion by the isolated perfused mammary gland of the lactating goat. Reproduction, Nutrition, Development 26, pp. 801-814.
- [62] Nissen,S.; Faidley,T.D.; Zimmerman,D.R.; Izard,R.; Fisher,C.T.: (1994): Colostral milk fat percentage and pig performance are enhanced by feeding the leucine metabolite beta-hydroxy-beta-methyl butyrate to sows. Journal of Animal Science, 72, pp. 2331-2337.
- [63] Moser,S.A.; Tokach,M.D.; Dritz,S.S.; Goodband,R.D.; Nelssen,J.L.; Loughmiller,J.A.: (2000): The effects of branched-chain amino acids on sow and litter performance. Journal of Animal Science, 78, pp. 658-667.
- [64] Lellis,W.A.; Speer,V.C.: (1985): Aromatic Amino Acid Requirement of the Lactating Sow. Journal of Animal Science, 61, pp. 1448-1453.

[65] Lellis,W.A.; Speer,V.C.: (1987): Phenylalanine Requirement of the Lactating Sow. Journal of Animal Science, 65, pp. 1006-1012.

---

## VIDENCENTER FOR SVINEPRODUKTION

Tlf.: 33 39 40 00

Fax: 33 11 25 45

[vsp-info@lf.dk](mailto:vsp-info@lf.dk)



*en del af*

### Landbrug & Fødevarer

Ophavsretten tilhører Videncenter for Svineproduktion. Informationerne fra denne hjemmeside må anvendes i anden sammenhæng med kildeangivelse.

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

Videncenter for Svineproduktion er således i intet tilfælde ansvarlig for tab, direkte såvel som indirekte, som brugere måtte lide ved at anvende de indlagte informationer.