

JERNBEHOV TIL GRISE OP TIL 30 KG

Sabine S. Grove og Per Tybirk

SEGES Innovation P/S

STØTTET AF

Svineafgiftsfonden

Hovedkonklusion

Normen for jern til smågrise er 150 mg/FEsv i Danmark. Dette litteraturstudie viser ikke entydigt en indikation på, at normsætningen bør ændres. Almindelig praksis i Danmark er at tildele pattegrise 200 mg jern et af de første levedøgn. Denne praksis bør fortsættes, og der skal være opmærksomhed på, at de største grise i kuldet ikke bliver anæmiske.

Sammendrag

Den danske normsætning for jern til smågrise er 150 mg/FEsv i totalindhold, hvoraf minimum 100 mg bør komme fra et letopløseligt jernsalt, dvs. at der i praksis bør tilsættes ca. 100 mg jern fra jernsulfat eller tilsvarende letopløselig kilde pr. FEsv. Dette litteraturstudie viser ikke entydige resultater, som indikerer et behov for en ny normsætning, hvorfor normen fastholdes. Den franske, canadiske og hollandske norm er lavere (70-106 mg/kg foder). Dette er i nogle studier tilstrækkeligt til at sikre grisene mod anæmi (blodmangel) og nedsat tilvækst, men ikke overbevisende nok til, at den danske norm bør nedjusteres.

Jern bindes i hæmoglobin og bidrager derfor indirekte til organernes iltforsyning. Grisens jerndepot ved fødslen er hurtigt opbrugt grundet høj vækst allerede fra de første levedage. Jerntilskud er derfor nødvendigt og oftest tildeles hver gris 200 mg jern-dextran via injektion i farestalden. Hæmoglobin bruges primært til at måle grisens jernstatus og skal gerne være over 80 g hæmoglobin/L blod, selvom der i litteraturen ikke er enighed om, hvornår grisen betegnes som anæmisk.

Studier, der har sammenlignet jerninjektion på 300 mg jern/gris vs. 200 mg jern/gris i farestalden, har ikke vist en øget tilvækst hverken i farestalden eller i ugerne umiddelbart efter fravæning. Dog er der overordnet set et øget hæmoglobinniveau målt ved fravæning hos de grise, der har fået mere jern i farestalden. Ekstra jern i farestalden har i nogle studier vist sig at være særligt til gavn for store grise (>6 kg ved fravæning), som kvitterer med en øget tilvækst efter fravæning.

Efter fravæning falder hæmoglobinniveauet hos de fleste grise. Dette skyldes, at de opbruger det depot, de får ved tildeling kort tid efter fødsel. Samtidig har de fleste grise lav foderoptagelse umiddelbart efter fravæning, hvilket stiller krav til fodersammensætningen. Generelt indeholder

animalske fodermidler meget hæm-jern, som optages bedre end det jern, der er i vegetabiliske fodermidler.

Fytat binder mineraler, heriblandt også jern. Høje doser af fytase kan øge jernabsorptionen moderat, men effekten er ikke tilstrækkeligt til at undvære jerntilskud i smågrisefoderet – og effekten af fytase på jernabsorptionen er endnu ikke tilstrækkeligt belyst. Også interaktion med andre mineraler, især høje doser af zink og kobber, kan mindske optagelsen af jern. Organiske syrer kan også påvirke optagelsen af jern via dannelse af chelater.

Det optimale niveau af jern i smågrisefoderet er svært at fastsætte, idet mange produktionsstudier finder forskelligt optimum for høj tilvækst og højt hæmoglobinniveau. Ud fra de forskellige studier varierer intervallet for optimal vækst mellem 20-374 mg jern/kg foder. Enkelte studier har dog fundet en øget risiko for diarré og en negativ påvirkning på produktiviteten ved høj jernsupplering i foderet. Egentlige toksiske tilstande forekommer i de fleste tilfælde først ved dosis på 4000 mg jern/kg foder, men i en enkelt undersøgelse allerede ved et tilskud på 600 mg/kg foder. Faldende tilvækst pga. øget diarréfrekvens er fundet allerede ved 300 mg jern/kg i en enkelt undersøgelse.

Baggrund

Jerns funktion

Hæmoglobin er et molekyle, der findes i de røde blodlegemer og binder ilt [1]. Jern bindes i hæmoglobin. Desuden bindes en mindre mængde jern i musklerne som myoglobin og sikrer ilt til muskelarbejde [2]. Ved fødsel har en pattegris et jerndepot på ca. 50 mg/gris [3]. Dette depot bliver hurtigt opbrugt grundet kraftig udvidelse af kredsløb og blodvolumen [4]. Inden for 14 dage vil grisene være anæmiske, hvis ikke de tildeles en ekstern kilde af jern [5]. Derfor er det normal praksis at injicere eller oralt tildele pattegrise 200 mg jern-dextran inden for den første leveuge. Oftest sker suppleringen i forbindelse med kastration eller ved anden systematisk håndtering af pattegrisene. Denne praksis har været anvendt i mange år [6, 7] og har været med til at minimere risikoen for, at grisene flyttes ind i smågriseholdet med utilstrækkeligt jern til at opretholde en optimal vækst.

Den nuværende danske norm for totalindholdet af jern i smågrisefoder er 150 mg/FEsv og er ikke blevet revideret siden den første udgave af normerne fra 1991. Den danske norm er højere end den internationale anbefaling på 100 mg/kg foder fra CVB og den tyske (GfE), som anbefaler 70-106 mg/kg foder [8]. Normen fra NRC på 100 mg/kg foder er fastlagt ud fra ældre forsøg [9] og i flere efterfølgende studier er det blevet foreslået, at normen tages til revision, da vi i dag har andet avlsmateriale [10] end tidligere og søerne er meget højtydende [11], hvilket resulterer i en forøget pattegrisetilvækst i farestalden og herved en øget risiko for udtømning af jerndepoterne før smågrisene selv optager jern via foderet efter fravæning [12]. I Danmark er det dog kun kuldets samlede tilvækst, som er forøget, mens tilvæksten pr. gris inden fravæning faktisk er lidt lavere end tidligere pga. stor kuldstørrelse og lavere alder ved fravæning, jvnf. udvikling i det danske landsgennemsnit. Derimod er smågrisenes foderudnyttelse og tilvækst forbedret efter fravæning, og dette kunne måske give anledning til forøget behov for jern i foderet efter fravæning.

Optagelse og udskillelse af jern

Frit Fe^{3+} fra vegetabiliske dele af foderet bliver reduceret til Fe^{2+} i tyndtarmen vha. ferrireduktase. Fe^{2+} absorberes via divalent metal-transporter 1 (DMT1), mens hæm-jern (jern fra animalske produkter bundet til hæmoglobin) absorberes via heme carrier protein1 (HCP1). Det betyder, at absorptionen af hæm-jern vil være højere, da HCP1 er specifik for hæm-jern, mens DMT1 også transporterer andre mineraler udover jern, deriblandt kobber og zink [14].

Interaktion med andre mineraler

Der er fundet en association mellem et højt zinkniveau (2500 ppm) i fravænningsfoderet og prævalens af anæmi i smågriseperioden [1]. Dette skyldes, at begge metaller bruger DMT1 som transportør ind i kroppen og derfor vil kæmpe om absorptionsvejene. Desuden nedsætter zink i foderet levetiden af røde blodceller [40]. Der er også fundet interaktion mellem kobber og jern i flere studier, deriblandt Gipp *et al.* (1974) [41], som fandt en øget andel af anæmiske grise, når der var 250 ppm kobber i foderet og Estienne *et al.* (2018) [28], der med samme mængde kobber ligeledes så et lavere hæmoglobinniveau end uden kobbertilsetning. I dag er det dog kun tilladt at tilsætte op til 150 mg kobber/kg foder til grise i de første fire uger efter fravæning, og dette vil sandsynligvis mindske den negative effekt af højt kobberindhold på jernabsorptionen. Tilsvarende fandt et studie, at et højere niveau af mangan blev absorberet i tyndtarmen, når der kun var 20 mg jern/kg foder sammenlignet med 520 mg jern/kg foder.

Det er set, at genekspression af DMT1 var højere, når der ikke blev tilsat jern til foderet [32]. Dette tyder på, at der ved mangel på jern vil blive opreguleret transportproteiner til at absorbere jern fra tyndtarmen.

Da det ikke længere er tilladt at tildele medicinsk zink til smågriseperioden, kan der måske ses en positiv effekt på jernniveauet i grisene umiddelbart efter fravæning, da mere jern kan absorberes fra tarmen. Nye studier, der undersøger dette, er nødvendige for at fastslå effekten.

Jern og organiske syrer

Organiske syrer kan interagere med jern og tilsætning af askorbinsyre kan hæve optagelsen af jern [41, 42]. Dette sker via askorbinsyres chelaterende egenskaber, som binder sig til frit jern [43]. Derudover omdanner askorbinsyre Fe^{3+} til den mere optagelige jernform Fe^{2+} [42]. Et in vitro studie testede ni forskellige organiske syrers indflydelse på optagelsen af jern. Vinsyre, æblesyre, ravsyre og fumarsyre øgede optagelsen af jern (både Fe^{2+} og Fe^{3+}). Oxal- og citronsyre havde en negativ effekt på jernoptagelsen ved Fe^{2+} , men en positiv effekt på optagelsen ved Fe^{3+} . Propionsyre og eddikesyre havde en positiv effekt på jernoptagelsen ved Fe^{2+} , imens der ingen effekt kunne måles ved Fe^{3+} . Resultaterne viste en sammenhæng mellem absorptionen og den kemiske struktur af syren.

Behov for jern før og efter fravæning

I praksis suppleres pattegrise systematisk med ca. 200 mg jern/gris ved injektion eller oralt inden for den første leveuge. Spørgsmålet er, om denne praksis fortsat giver grisene tilstrækkeligt med jerndepoter til perioden lige efter fravæning, hvor foderoptagelsen og dermed jernoptagelsen er lav. I dette afsnit kigges også på litteratur omhandlende jernbehov efter fravæning.

Hæmoglobinniveau

Forskellige måleparametre benyttes til at udtrykke grisens jernstatus, heriblandt niveauet af hæmoglobin [1,2,13,17]. Måling af hæmoglobin er en hyppigt anvendt og nem tilgængelig målemetode. Metoden er dog blevet diskuteret, da der er stillet spørgsmål om, om hæmoglobinniveauet er for ufølsomt til at detektere tidlig anæmi [13]. Flere studier viser dog en fin overensstemmelse mellem målingen af hæmoglobin og niveauet af jern i serum samt den totale jernbindingskapacitet [1, 2]. Andre målemetoder inkluderer hæmatokritværdien, der er den procentvise volumenandel af røde blodceller i blodet. Derudover kan markører som ferritin og transferrin også give et billede af grisens jernstatus, idet disse proteiner hhv. lagrer og transporterer jern i kroppen.

Tilbage i 1960 bekendtgjorde et studie, at niveauet af hæmoglobin skal under 60 g/L blod, før pattegrisene betegnes for anæmiske [17]. Et nyere review fra 2017 fastsatte niveauet for anæmi og jernmangel højere end tidligere fastslået af Matrone *et al.* (1960), idet anæmi ifølge Svoboda *et al.*

(2017) rammer allerede ved 80-90 gram hæmoglobin/L blod. Samtidig indikerede studiet, at der allerede ved <110 g hæmoglobin/L blod opleves jernmangel, dog oftest uden kliniske tegn [10]. Flere studier efter 1960 peger på, at selvom et niveau på 80 g hæmoglobin/L blod ikke nødvendigvis giver kliniske symptomer på jernmangel, vil det fulde vækstpotentiale ikke nås [4, 20]. Et studie foretaget af Chevalier (2019) fandt ligeledes, at ved en tildeling via injektion på blot 50 mg jern/gris, sås der en positiv virkning på blodets indhold af hæmoglobin, men først ved en tildeling på 300 mg jern/gris havde det en positiv effekt på daglig tilvækst [21].

I et dansk studie fra 2015 blev hæmoglobinstatus hos pattegrise ved fravæning undersøgt i fem forskellige besætninger, når grisene var injiceret med 200 mg jern/gris fra 3.-4. levedøgn. Alle grise havde samtidig haft adgang til foder senest fra dag 10. Daglig tilvækst blev sammenlignet med jernstatus ud fra forskellige parametre. Der blev fundet en signifikant højere daglig tilvækst ved høje hæmoglobinniveauer, antal røde blodceller og hæmatokrit. En stigning på 10 g hæmoglobin/L blod gav en øget daglig tilvækst på 17,2 g/dag i de første tre uger efter fravæning. Studiet indikerer dermed, at en høj hæmatologisk status hos grisene er positivt korreleret med en høj tilvækst [13].

Jernmængde i farestalden

Studier har sammenlignet injektion med 200 mg jern/gris og 300 mg jern/gris i farestalden for at teste, om der kan opnås bedre produktionsresultater og mindre risiko for anæmi og blodmangel efter fravæning. Disse studier er vist i tabel 1 nedenfor. Som det ses ud fra tabellen, var der en signifikant forskel på hæmoglobinniveauet i studiet foretaget af Jolliff & Mahan (2011), men denne forskel var ikke nok til at påvirke daglig tilvækst efter fravæning [20]. I de to andre studier var der ingen signifikant forskel på hæmoglobinniveauet og ej heller på daglig tilvækst.

Tabel 1. Effekt af 200 vs. 300 mg injektionsjern på hæmoglobinniveau og daglig tilvækst efter fravæning.

	Antal og alder ved fravæning	Hb-niveau, g/dL (200 mg)	Hb-niveau, g/dL (300 mg)	Daglig tilvækst, g/dag (200 mg)	Daglig tilvækst, g/dag (300 mg)
Chevalier <i>et al.</i> (2019) [21]	70 grise, 22 dage gamle	10,9	12,1	268	254
Jolliff & Mahan (2011) [20]	269 grise, 17 dage gamle	11,68 ^a	12,07 ^b	251	256
Murphy <i>et al.</i> (1997) [7]	46 grise, 28 dage gamle	10,95	11,31	-	-

^{a, b} i samme række indikerer signifikant forskel ($p < 0,05$).

Reviewet foretaget af Svoboda *et al.* (2017) belyste også, at den supplerende af jern, pattegrisene får tildelt i farestalden, er nok til at undgå jernmangel i en periode, men at niveauet ikke bibeholdes. Da det daglige jernbehov er omtrent 10 mg/dag, vil en dosis på 200 mg jern/gris supplere grisen med nok jern i 20 dage, forudsat at jern fra somælk samt foder ikke medregnes.

Tildelingsstrategi i farestalden

Flere studier har ud fra den ovenstående teori testet, om der opnås et bedre hæmoglobinniveau ved fravæning og tilvækst efter fravæning, hvis man supplerer grisene med jern over flere omgange. Relevante studier er vist i tabel 2 nedenfor. Studierne har benyttet forskellige strategier og tildelingsmetoder, men alle er holdt op imod den hyppigst anvendte supplerende på 200 mg jern/gris tildelt en af de første levedøgn.

Table 2. Effekt af jerntildelingsstrategi i farestalden på hæmoglobinniveau og tilvækst frem til fravænning. Alternative strategier er vist og holdt op imod kontrolgruppen (ikke vist), som i alle tilfælde undtagen Wei *et al.* (2005) er 200 mg injiceret jern/gris tildelt indenfor en af de første levedøgn. Hvis ikke andet er angivet, så er jernsupplementet jern-dextran.

	Antal og alder ved fravænning	Alternativ strategi	Hb-niveau, g/dL v. fravænning sammenlignet med kontrolgrp.	Daglig tilvækst, g	Vægt, kg
Antileo <i>et al.</i> (2016) [22]	66 grise, 21 dage	+2x126 mg indkapslet (oralt) dag 2, 8 og 14 +3x84 mg indkapslet (oralt) dag 2, 8 og 14	↓ 8,3 vs. 10,2 N.S.	-	N.S.
Churio <i>et al.</i> (2018) [23]	72 grise, 21 dage	+4x65 mg (oralt) dag 2, 7, 12 og 17 +4x65 mg indkapslet (oralt) dag 2, 7, 12 og 17	↑ 11,3 vs. 9,3 ↑ 11,6 vs. 9,3	N.S.	N.S.
Friendship <i>et al.</i> (2021) [24]	148 grise, 21 dage	+200 mg (inj.) gleptoferron dag 4 og 14 +200 mg (inj.) gleptoferron dag 4 og tørv med jern fra dag 7 +40 mg (oralt) Fe-Fum dag 4 og tørv med jern fra dag 7	↑ 13,2 vs. 12,2 ↑ 13,5 vs. 12,2 N.S.		
Jolliff & Mahan (2011) [20]	269 grise, 17 dage	+300 mg (inj.) dag 0 +200 mg (inj.) dag 0 og 100 mg dag 10	↑ 12,07 vs. 11,68 ↑ 12,10 vs. 11,68	N.S.	N.S.
Kamphues <i>et al.</i> (1992) [19]	255 grise, 28 dage	+200 mg (inj.) dag 0 og dag 21	↑ 12,3 vs. 10,8	N.S.	-
Svaboda & Drabek (2002) [25]	50 grise, 35 dage	+200 mg oralt Fe-Fum dag 6 og 11 +200 mg (inj.) dag 21	N.S.	N.S.	N.S.
Wei <i>et al.</i> (2005) [26]	24 kuld, 28 dage	+120 mg Availa-Fe/kg foder fra dag 5-28 +120 mg FeSO ₄ /kg foder fra dag 5-28 <i>NB! 100 mg (inj.) er kontrolgruppe i dette studie.</i>	↑ dag 0 ¹ : 10,14 vs. 9,01 ↓ dag 14: 6,06 vs. 8,79 ↓ dag 28: 6,95 vs. 8,12 Dag 0 ¹ : N.S. ↓ dag 14: 7,26 vs. 8,79 ↓ dag 28: 6,43 vs. 8,12 ¹ på dag 0 var der signifikante forskelle mellem grupperne, hvilket ikke kan skyldes behandling.	-	-

Ovenstående forsøg viser entydigt, at der ikke findes nogen signifikant effekt på tilvæksten frem til fravænning ved forskellige strategier for jerntildeling. Til gengæld ses der i de fleste studier en positiv

effekt på hæmoglobinniveauet ved fravæning ved at tildele ekstra jern eller tildele jern over flere omgange i løbet af pattegriseperioden. Churio *et al.* (2018) viste ligeledes, at jern kan tildeles oralt som en pasta over flere omgange med bedre effekt på hæmoglobinniveauet end gruppen, der fik tildelt 200 mg jern-dextran via injektion på 2. levedøgn [23]. Fordelen er, at der ikke skabes nye infektionsveje i grisen, men denne strategi kræver øget antal arbejdstimer, da grisene fik supplerende jern fire gange.

Effekten af forskellige strategier i farestalden er også undersøgt på produktiviteten og hæmoglobinniveau i perioden efter fravæning. Disse studier er samlet i tabel 3.

Tabel 3. Jerntildelingsstrategi i farestalden, hvor effekten på hæmoglobinniveau og tilvækst er målt efter fravæning. Alternative strategier er vist og holdt op imod kontrolgruppen (ikke vist). Kontrolgrupperne er enten injiceret med 100, 150 eller 200 mg jern/gris indenfor de første levedøgn, dette er vist med hhv. *, **, ***. Hvis ikke andet er angivet, så er jernsupplementet jern-dextran.

	Antal grise, frav. alder og forsøgslængde	Alternativ strategi	Hb-niveau, g/dL efter fravæning sammenlignet med kontrolgrp.	Daglig tilvækst, g
Bruininx <i>et al.</i> (2000) [27] ***	120 grise, 28 dage og 5 uger	+200 mg (inj.) dag 3 og 21	↑ 10,96 vs. 10,8	N.S.
Chevalier <i>et al.</i> (2019) [21] **	136 grise, 18-24 dage og 7 uger	+150 mg (inj.) dag 1 og 4 dage før frav.	↑ dag 14: 11,9 vs. 11,5 N.S. ved dag 27-30 efter frav.	↑ 563 vs. 531
Estienne <i>et al.</i> (2019) [12] *	144 grise, 21 dage og 20 uger	+100 mg (inj.) dag 1 og 21	N.S.	↑ kun store grise (>7,9 kg)
Estienne <i>et al.</i> (2018) [28] *	144 grise, 21 dage og 20 uger	+100 mg (inj.) dag 1 og 21	N.S.	N.S.
Haugegaard <i>et al.</i> (2008) [29] ***	236 grise, 34 dage og 7 uger	+200 mg (inj.) dag 3 og 20	↑ 12,3 vs. 11,6	↑ 325 vs. 206
Kamphues <i>et al.</i> (1992) [19] ***	255 grise, 28 dage og 7 uger	+200 mg (inj.) dag 3 og 21	N.S.	↑ kun store grise (>9 kg) 536 vs. 417
Peters & Mahan (2008) [30] ***	68 grise, 17 dage og 4 uger	+Ingen supplerings af jern +200 mg (inj.) dag 1 +200 mg (inj.) dag 17 +200 mg (inj.) dag 1 og 17	↓ <i>ingen suppl.</i> 10,67 vs. 11,41 N.S. mellem jern-supplerede grupper	↓ <i>ingen suppl.</i> 319 vs. 361 N.S. mellem jern-supplerede grupper
Szudzik <i>et al.</i> (2019) [5]	28 grise, 28 dage og 26 uger	+40 mg (inj.) dag 3 og hæmoglobin fra kvæg (38 g/kg foder) dag 3-45. Forskellige racer indgik: <i>PLW = Polish Large White</i> <i>L990 = 990 Line</i>	↓ dag 28 (PLW) 8,04 vs. 12,02 ↓ dag 28 (PLW) 8,6 vs. 9,5 N.S. Dag 180 for begge racer	N.S.
Urbaniak <i>et al.</i> (2017) [31]	160 grise, 28 dage og 9 uger	+200 mg (inj.) dag 1 og 28	N.S.	N.S.

I tabel 3 ses det, at ved at tildele en ekstra dosis jern umiddelbart før eller ved fravæning kan hæmoglobinniveauet efter fravæning ifølge nogle studier øges. Det samme gælder for daglig tilvækst, hvor nogle studier finder en signifikant positiv effekt ved ekstra-dosering af jern, imens andre studier ingen forskel finder. To studier fandt udelukkende en signifikant forskel, hvis grisene blev opdelt efter vægt. De store grise viste sig at have en gavnlige effekt af ekstra jern, hvilket formentlig skyldes, at deres vækst resulterer i en hurtig forøgelse af blodvolumen og derfor en fortynding af den oprindelige jern-dosering, samtidig med, at de har behov for et øget forbrug af hæmoglobin til iltning af kroppen [12, 19]. Estienne *et al.* (2019) fandt også, at små grise ved fravæning havde højere hæmoglobin- og hæmatokritværdier end de større grise [12].

Studiet foretaget af Peters & Mahan (2008) testede også effekten af ikke at supplere en gruppe grise med jern overhovedet. Denne gruppe af grise viste en signifikant nedgang i daglig tilvækst både før og efter fravæning. Generelt sås der i studiet en positiv effekt på hæmoglobinniveau og daglig tilvækst ved at tildele jern både ved fødslen og ved fravæning [30]. Der er intet i ovenstående studier, der tyder på, at det er skadeligt at tildele ekstra jern omkring fravæning, men det er ikke entydigt, om der opnås en forbedring i hæmoglobinniveau og tilvækst ved dette.

Fodring i klimastalden

Et canadisk studie undersøgte effekten af jernstatus og vægt ved fravæning på grisenes jernstatus og vægt tre uger efter fravæning. Ud fra 20 besætninger blev en lille, mellem og stor gris fra forskellige kuld sammenlignet, som i alt resulterede i et studie af 1.095 grise. Grise, der var anæmiske ved fravæning, var 0,82 kg lettere tre uger efter fravæning end grise, der havde normale hæmoglobinniveauer ved fravæning ($p < 0,05$). Både de små og mellemstore grise havde et højere hæmoglobinniveau ved fravæning end de store grise ($p < 0,01$). Overordnet set var flere grise anæmiske tre uger efter fravæning sammenlignet med ved fravæning [1].

Hvis grisene kommer ind i klimastalden med lave hæmoglobinniveauer, er det ekstra vigtigt at understøtte behovet via korrekt fodring. Foderets sammensætning afgør, hvor stort det naturlige indhold af jern er, og der tilsættes ekstra jern til foderet for at ramme SEGES' norm på 150 mg/FEsv, da normen også angiver, at mindst 100 mg heraf skal være letopløseligt jernsalt. Nogle fodermidler er rige på jern, især animalske produkter såsom blodplasma, der indeholder omtrent 3 g jern/kg tørstof [32]. Desuden indeholder animalsk foder det lettere optagelige hæm-jern. Nogle calcium- og fosforkilder kan dog indeholde betydelige jernmængder, f.eks. har en udenlandsk foderkridtkilde haft et indhold på omtrent 3,5 g jern/kg tørstof [32]. Vegetabiliske fodermidler indeholder meget fytat, som binder og dermed sænker tilgængeligheden af jern [33]. Flere studier har vist, at tilgængeligheden af jern kan forøges ved at tilsætte fytase til foderet, som nedbryder fytat. Tilstedeværelse af fytat i mængden 0,8-0,9 % vil forventeligt resultere i et fald i absorption af jern på 20-30 % [34]. Fytase i mængder på 1200 FTU/kg foder har vist sig at hæve frigivelsen af jern fra sojaskrå [35]. Studier, der har testet effekten ved at tilsætte fytase til smågrise-foderet er vist i tabel 4 nedenfor.

Tabel 4. Effekten af fytase på hæmoglobinniveau og tilvækst i smågriseperioden. Resultater sammenholdt med kontrolgrupper med samme indhold af jern i foderet og ingen tilsætning af fytase.

	Antal grise, frav. alder og forsøglængde	Fytase, FTU/kg	Jern i foder, mg/kg	Hb-niveau, g/L	Daglig tilvækst, g
Laird <i>et al.</i> (2018) [35]	234 grise, 28 dage og 7 uger	0 500 2500	105 (50 mg tilsat)	N.S.	↑ 253 (2500 FTU) vs. 189 (0 FTU)
Laird <i>et al.</i> (2018) [35]	234 grise, 28 dage og 7 uger	0 500 2500	320 (300 mg tilsat)	N.S.	N.S.
Stahl <i>et al.</i> (1999) [36] <i>Exp. 2</i>	12 grise, 21 dage og 4 uger	1200	52	↑ efter 4 uger	N.S.
Stahl <i>et al.</i> (1999) [36] <i>Exp. 3</i>	20 grise, 28 dage og 5 uger	1200	90	↑ 2 og 3 uger	N.S.

I studiet foretaget af Laird *et al.* (2018) forbedrede 2500 FTU/kg tilvæksten med 34 % ($p < 0,05$), når det blev givet i foder med et lavt jernindhold. Tilvæksten steg numerisk ved 2500 FTU/kg, når det blev givet i foder med højt jernindhold. Fytase har derfor en indvirkning på tilvæksten, hvis foderet indeholder en lav mængde jern. Det kan dog ikke konkluderes, om den øgede tilvækst ses grundet en højere tilgængelighed af jern, da der ingen effekt kunne måles på blodparametrene ved de forskellige tilsætninger af fytase. Der var en stærk tendens ($p = 0,051$) til, at hæmoglobinniveauet var højere hos gruppen, der fik tilsat 300 mg jern/kg foder sammenlignet med gruppen, der fik tilsat 50 mg jern/kg foder [35]. Dette indikerer, at jernniveauet i foderet er den vigtigste faktor for at påvirke hæmoglobinniveauet hos grisene. For at klarlægge indvirkningen af fytase på absorptionen af jern, mangler der flere og nyere artikler, der sammenligner forskellige doser af fytase med nutidig genetik og produktionsforhold.

Ligesom Laird *et al.* (2018) fandt, at der kan være en sammenhæng mellem jernindholdet i foderet og hæmoglobinniveauet hos grisene, har andre studier undersøgt det optimale indhold af jern i smågrisefoderet. Relevante studier er vist i tabel 5 nedenfor.

Table 5. Dosisresponsforsøg ved tilsætning af jern til smågrisefoder og effekten på hæmoglobinniveau og tilvækst. Den sidste kolonne viser ud fra egen beregning det totale jernindhold (naturligt + tilsat) for at opnå optimal tilvækst i de enkelte studier.

	Antal grise, frav. alder og forsøglængde	Jernindhold i grundfoder (kontrolgrp.), mg/kg foder.	Tilsat jernindhold, mg/kg foder. Forsøgsgrupper	Hb-niveau, g/L	Tilvækst, g	Optimal vækst, mg jern/kg foder
Feng <i>et al.</i> (2007) [37]	180 grise, 35 dage og 40 dage	79	+30, 60, 90, 120 Fe-Gly +120 FeSO ₄	↑ lineær effekt ved stigende Fe-Gly (højst v. 90) N.S. mellem kontrol og Fe-Gly ift. FeSO ₄	↑ lineær effekt ved stigende Fe-Gly (højst v. 90) N.S. mellem kontrol og Fe-Gly ift. FeSO ₄	170
Jolliff & Mahan (2011) [20] <i>Exp. 3</i>	360 grise, 17 dage og 5 uger	200	+0, 80, 160 FeSO ₄	↑ tendens (p=0,06) ved stigende FeSO ₄	↑ lineær effekt ved stigende FeSO ₄	360
Lee <i>et al.</i> (2008) [38]	144 grise, 21 dage og 4 uger	Dag 0-14: 53 Dag 15-28: 47	+0, 50, 100, 250 mg FeSO ₄	↑ lineær effekt ved stigende jern (højst 250 mg)	↓ lineær effekt ved stigende jern (lavest 250 mg)	150
Rincker <i>et al.</i> (2004) [2]	225 grise, 19 dage og 5 uger	Dag 0-7: 189 Dag 7-21: 224 Dag 21-35: 98	+0, 25, 50, 100, 150 mg FeSO ₄	↑ lineær effekt (højst 150 mg)	↑ kun til dag 21 (højst 150 mg) N.S. ved dag 0-35.	370
Williams <i>et al.</i> (2020) [15]	140 grise, 21 dage og 32 dage	50	+10, 30, 50 FeSO ₄ +10, 30, 50 FeCO ₃ <i>Ingen forskel på jernkilde</i>	↑ lineær effekt (højst 50 mg)	↑ lineær effekt (højst 50 mg)	100
Yu <i>et al.</i> (2000) [39]	72 grise, 30 dage og 35 dage	143	+30, 60, 90, 120 Fe-AA +120 FeSO ₄	↑ (højst 120 mg Fe-AA)	N.S.	230
Fang <i>et al.</i> (2013) [16]	18 grise, 25 dage og 29 dage	20	+120 mg FeSO ₄ eller Fe-Gly – <i>Ingen forskel på jernkilde.</i>	N.S.	N.S.	20
Hansen <i>et al.</i> (2009) [32]	24 grise, 21 dage og 32 dage	20	+100 eller 500 FeSO ₄	↑	↑ (højst 100 mg)	120

FeSO₄ = uorganisk jernsulfat. FeCO₃ = uorganisk jerncarbonat. Fe-Gly = Organisk jern-chelat bundet på glycinat. Fe-AA = Organisk jern- og aminosyrekompleks (Avalia-Fe).

Niveauet af hæmoglobin i blodet er stigende i samtlige studier, når der tilsættes ekstra jern til smågriseblandingen. Det kan imidlertid være svært at komme med en enslydende anbefaling for jernniveauet i smågrisefoder på baggrund af den eksisterende litteratur. Ovenstående tabel illustrerer diversiteten i produktionsstudier på smågrise og jerntilsætning. Den optimale dosis i mg/kg foder blev fundet til at variere fra 20 mg (der var ingen ændring, når 120 mg blev tilføjet) [16] til 374 mg i anden fase (dag 7 til 21) [2]. I et enkelt studie blev der fundet en signifikant lavere tilvækst ved ekstra tilsætning af 250 mg FeSO₄ sammenholdt med kontrolgruppen, der indeholdt 53 og 47 mg jern i foderet hen over de to fasefodringer [38]. I samme studie blev der fundet en øgning i diarréforekomsten ved stigende jerntilsætning i foderet [38].

Toksicitet

Jern er ligesom andre metaller toksiske i høje mængder, idet ubundne jern ioner kan medføre oxidativ stress i cellerne, som giver vævsskade, når den totale jernbindingskapacitet overskrides. Ved injektion af jern kan overdosering føre til svag muskulatur, spasmer og generel degenerering af kroppen [45]. For pattegrise har tilsætning af 600 mg jern/kg foder vist sig at være dødeligt [46]. Anbefalingerne fra NRC for smågrise fra 2005 har en maksimal tolerance af jern på 3000 mg/kg foder [47]. I tre ældre studier blev der ikke fundet nogen negativ effekt på tilvæksten ved tilsætning af hhv. 1000 mg jern/kg foder [48], 2000 mg jern/kg foder [45] eller 3102 mg jern/kg foder [49]. Til gengæld viste studiet foretaget af O'Donovan *et al.* (1963), at grupperne, der fik enten 4000 eller 5000 mg jern/kg foder havde en signifikant lavere foderoptagelse samt tilvækst end kontrolgruppen, der fik 80 mg jern/kg foder [45]. Derudover var der en lineær tendens til mørkere afføring ved stigende jern doseringer over 1000 mg jern/kg foder, hvilket skyldes øget mængde af jern i afføringen [45]. Studiet foretaget af Furugouri (1972) viste ligeledes en negativ påvirkning på foderoptagelse og tilvækst ved et totalindhold af jern i foderet på hhv. 5102 og 7102 mg jern/kg foder [49].

I kontrast til ovennævnte studier fandt et nyere studie foretaget af Lee *et al.* (2008) allerede en dårligere tilvækst ved et total jernindhold på 300 mg jern/kg foder i smågriseperioden. Studiet diskuterer dog dette resultat, og mener ikke selv, at en jernsupplering via foderet på 300 mg jern/kg foder kan føre til toksicitet og forklarer i stedet den hæmmede tilvækst ved, at grisene havde en høj mængde af diarré i den pågældende gruppe [38]. Dette kan skyldes, at jern er essentielt for bakterievækst og metabolisme, og høje mængder af jern kan være en medvirkende faktor til øget vækst af coliforme bakterier [38]. I humane studier er der også fundet øget forekomst af diarré ved højt indhold af jern i kosten til babyer [49]. Også Stahl *et al.* (2009) fandt inflammatoriske forandringer i tyndtarmen allerede ved tilsætning af 500 mg jern/kg foder, hvilket gav anledning til villus atrofi og en dårligere permeabilitet i tyndtarmen [50].

Der er sandsynligvis forskel på giftighed af forskellige jernforbindelser, da høje indhold af fytatbundet jern eller jernoxider fra forurening med jord absorberes dårligere end jernsulfat, som er den normale kilde til jerntilskud.

Det tyder altså på, at egentlig toksicitet i de fleste tilfælde først opnås ved ca. 4000 mg jern/kg foder, men i et enkelt tilfælde var det toksisk allerede ved 600 mg jern/kg foder. Men selv meget mindre mængder af jern kan påvirke bakteriel vækst, hvilket kan give konsekvenser på tarmmorfologi og diarréforekomst.

Normer for jern

De nuværende normer for jern til smågrise er samlet i tabel 6.

Table 6. Nuværende normer for jern til smågrise.

Smågrise	6-9 kg	9-15 kg	15-30 kg
SEGES, mg/FEsv*	150	150	150
NRC, mg/kg	100	100	100 (<25 kg)
GfE, mg/kg	70-106	70-106	70-106 (<25 kg)
CVB, mg/kg	100	100	100 (<25 kg)

*Heraf skal mindst 100 mg være i form af letopløseligt jernsalt.

NRC, GfE og CVB anbefaler alle det samme niveau af jern til smågrise. De danske normer er højere. Jo højere vægt, jo mere vil anbefalingerne pr. dag ændre sig.

Konklusion

Normen for jern til smågrise er 150 mg/FEsv i Danmark og denne norm fastholdes, da dette litteraturstudie viser ikke entydige resultater, som resulterer i en ændret normsætning. Den canadiske, franske og hollandske norm er lavere (70-106 mg/kg foder), og dette er i nogle studier også tilstrækkeligt til at sikre grisene mod anæmi og nedsat tilvækst.

Mange produktionsstudier har undersøgt effekten af tildeling af ekstra jern i farestalden, oralt eller via injektion. Andre har tilsat fytase for at øge jernoptagelsen. Generelt er det svært at opnå en bedre tilvækst ved disse tiltag, men i mange studier øges niveauet af hæmoglobin i blodet. Flere studier viser dog, at især store grise ved fravæning har gavn af ekstra jern i farestalden og måske endda ved fravæning, da deres høje vækst medfører en fortynding af den oprindelige jern dosering i et større blodvolumen, hvorved koncentrationen af røde blodlegemer falder. Behovet hos smågrise afhænger også af tildelingsstrategi i farestalden samt kilde af jern i foderet og som tilskud.

Udviklingen mod lavere fravæningsvægt pga. store kuldstørrelser og tidligere fravæning betyder, at færre grise kommer til at mangle jern pga. af fortynding af de 200 mg, som de får fra jerninjektion. Desuden vil udfasning af medicinsk zink og de høje doser af fytase marginalt forbedre fordøjeligheden af såvel foderets naturlige jernindhold som det tilsatte jern.

Den nuværende norm til smågrise fastholdes som det bedste kompromis. Jern er billigt, og det er vigtigt at sikre tilstrækkelig forsyning – og man kunne fristes til at bruge ekstra sikkerhedsmargin – men omvendt er der forsøg, som tyder på, at for høje jernindhold øger risikoen for diarré, fordi skadelige bakterier klarer sig bedre ved høje jernkoncentrationer i tarmen.

Referencer

- [1] Perri, A.M.; R.M. Friendship; J.C.S. Harding & T.L. O'Sullivan (2015): An investigation of iron deficiency and anemia in piglets and the effect of iron status at weaning on post-weaning performance. *Journal of Swine Health and Production*. Vol. 24(1), pp. 10-20.
- [2] Rincker, M.J.; G.M. Hill; J.E. Link & J.E. Rowntree (2004): Effects of dietary iron supplementation on growth performance, hematological status, and whole-body mineral concentrations of nursery pigs. *Journal of Animal Science*. Vol. 82, pp. 3189-3197.
- [3] Venn, J.A.J.; R.A. McCance & E.M. Widdowson (1947): Iron Metabolism in Piglet Anaemia. *The journal of comparative pathology and therapeutics*. Vol. 57, pp. 314-325.
- [4] Steinhardt, M.; U. Bünger & G. Furcht (1984): Zum Eisenbedarf des Schweines in den ersten 2 Lebensmonaten. *Archives of experimental veterinary medicine*, Vol. 38, pp. 497-515.

- [5] Szudzik, M.; P. Lipinski; A. Jonczy; R. Mazgaj; M. Pieszka; M. Kamyczek; E. Smuda & Starzynski, R. (2020): Long-term Effect of Split Iron Dextran/Hemoglobin Supplementation on Erythrocyte and Iron Status, Growth Performance, Carcass Parameters, and Meat Quality of Polish Large White and 990 Line Pigs. *Biological Trace Element Research*. Vol. 196, pp. 472–480.
- [6] McDonald, F.F.; D. Dunlop & C.M. Bates (1955): An effective treatment for anemia of piglets. *British Veterinary Journal*, Vol. 111, pp. 403-404.
- [7] Murphy, K.A.; R.M. Friendship & C.E. Dewey (1997): Effects of weaning age and dosage of supplemented iron on the hemoglobin concentrations and growth rate of piglets. *Health and Production*. Vol. 5(4), pp.135–138.
- [8] Jongbloed, A.W. (2015): Behoeftte aan Mg, Na, Cl, K, Fe, J, Mn en Se door varkens: een literatuurstudie voor het CVB. CVB-Documentatie Rapport nr. 58.
- [9] Pickett, R. A.; M.P. Plumlee; W.H. Smith & W.M. Beeson (1960): Oral iron requirement of the early-weaned pig. *Journal of Animal Science*. Vol. 19(4).
- [10] Svoboda, M.; J. Vanhara & J. Berlinska (2017): Parenteral iron administration in suckling piglets – a review. *ACTA VET. BRNO*, Vol. 86, pp. 249-261.
- [11] Kim, J.C.; P. Wilcock & M.R. Bedford (2018): Iron status of piglets and impact of phytase superdosing on iron physiology: A review. *Animal Feed Science and Technology* Vol. 235, pp. 8–14.
- [12] Estienne, M., S. Clark-Deener & K. Williams (2019): Growth performance and hematology characteristics in pigs treated with iron at birth and weaning and fed a nursery diet supplemented with a pharmacological level of zinc oxide. *Journal of Swine Health and Production*. Vol. 27(2), pp. 64-75.
- [13] Bhattarai, S. & J.P. Nielsen (2015): Association between hematological status at weaning and weight gain post-weaning in piglets. *Livestock Science*, Vol. 182, pp. 64-68.
- [14] Garrick, M.D.; S.T. Singleton; F. Vargas; H.C. Kuo; L. Zhao; M. Knöpfel; T. Davidson; M. Costa & P. Paradkar (2006): DMT1: which metals does it transport? *Biological research*. Vol. 39, pp. 79-85.
- [15] Williams, H.E.; J.C. Woodworth; J.M. DeRouchey, S.S. Dritz; M.D. Tokach; R.S. Fry; M.E. Kocher, J.L. Usry & R.D. Goodband (2020): Effects of feeding increasing levels of iron from iron sulfate or iron carbonate on nursery pig growth performance and hematological criteria. *Journal of Animal Science*, Vol. 98(7), pp. 1–6.
- [16] Fang, C.L.; Z. Zhuo; S.L. Fang; M. Yue & J. Feng (2013): Iron sources on iron status and gene expression of iron related transporters in iron-deficient piglets. *Animal Feed Science and Technology*, Vol. 182, pp. 121– 125.
- [17] Matrone, G.; E.L. Jr. Thomason & C.R. Bunn (1960): Requirement and Utilization of Iron by the Baby Pig. *The Journal of Nutrition*, Vol. 72(4), pp. 459–465.
- [18] Szabo, P. & G. Bilkei (2002): Iron Deficiency in Outdoor Pig Production. *Journal of Veterinary Medicine*, Vol. 49, pp. 390–391.
- [19] Kamphues, J.; K. Männer & C. Netzer (1992): Effects of 2nd iron injection in suckling piglets on iron retention and performance before and after weaning. *International pig veterinary society*, August 17-20th.
- [20] Joliff, J.S. & D.C. Mahan (2011): Effect of injected and dietary iron in young pigs on blood hematology and postnatal pig growth performance. *Journal of Animal Science*, Vol 89(12), pp. 4068-4080.
- [21] Chevalier, T. (2019): Improved iron status in weanling pigs leads to improved growth performance in the subsequent nursery period. *Theses and Dissertations--Animal and Food Sciences*. 111.
- [22] Antileo, R.; J.Figueroa & C. Valenzuela (2016): Characterization of a novel encapsulated oral iron supplement to prevent iron deficiency anemia in neonatal piglets. *Journal of Animal Science* Vol. 94, pp. 157–160.

- [23] Churio, O.; E. Duran; S.A. Guzman-Pino & C. Valenzuela (2018): Use of Encapsulation Technology to Improve the Efficiency of an Iron Oral Supplement to Prevent Anemia in Suckling Pigs. *Animals* Vol. 9(1).
- [24] Friendship, R.; V. Seip & R. Amezcua (2021): A comparison of 4 iron supplementation protocols to protect suckling piglets from anemia. *The Canadian Veterinary Journal*, Vol. 62(1), pp. 55-58.
- [25] Svoboda M. & J. Drábek (2002): Effect of Oral Administration of Fe²⁺-Fumarate on Erythrocyte Profile and Growth Rate of Suckling Piglets. *Acta Vet. Brno*, Vol. 71, pp. 217–222.
- [26] Wei, K.Q.; Z.R. Xu; X.G. Luo; L.L. Zeng; W.R. Chen & M.F. Timothy (2005): Effects of Iron from an Amino Acid Complex on the Iron Status of Neonatal and Suckling Piglets. *Asian-Australian Journal of Animal Science*, Vol 18(10), pp. 1485-1491.
- [27] Bruininx, E.M.A.M.; J.W.G.M., Swinkels; H.K. Parmentier; C.W.J. Jetten; J.L. Gentry & J.W. Schrama (2000): Effects of an additional iron injection on growth and humoral immunity of weanling pigs. *Livestock Production Science* Vol. 67, pp. 31–39.
- [28] Estienne, M.J.; S.G. Clark-Deener & K.A. Williams (2018): Effect of Iron Treatment at Weaning on Growth Performance in Nursery Pigs Fed Diets Supplemented with Copper. *Journal of animal science*. Vol. 96, pp. 132-133, doi:10.1093/jas/sky073.245.
- [29] Haugegaard, J.; H. Wachmann & P.J. Kristensen (2008): Effect of supplementing fast-growing, late-weaned piglets twice with 200 mg iron dextran intra-muscularly. *The pig journal*, Vol. 61, pp. 69-73.
- [30] Peters, J.C. & D.C. Mahan (2008): Effects of neonatal iron status, iron injections at birth, and weaning in young pigs from sows fed either organic or inorganic trace minerals. *Journal of Animal Science*, Vol. 86(9), pp. 2261-2269.
- [31] Urbaniak, O.; P. Spyрка & A. Rzasa (2017): Can iron work for pigs as a booster? *Medical Journal of Cell Biology* Vol. 5, pp. 118-123.
- [32] Hansen, S.L.; N. Trakooljul; H-C. Liu; A.J. Moeser & J.W. Spears (2009): Iron Transporters Are Differentially Regulated by Dietary Iron, and Modifications Are Associated with Changes in Manganese Metabolism in Young Pigs. *The Journal of Nutrition, Physiology, Metabolism, and Nutrient-Nutrient Interactions*, Vol. 139: 1474–1479.
- [33] Tybirk, P. (2002): Anbefalinger vedr. anvendelse af fytase. Landsudvalget for Svin.
- [34] Wilcock, P. & C. Walk. (2016): Low phytate nutrition—what is the pig and poultry industry doing to counter dietary phytate as an anti-nutrient and how is it being applied? *Phytate destruction-consequences for precision animal nutrition*. Kapitel 6: pp. 1175-1186.
- [35] Laird, S.; I. Kühn & H.M. Miller (2018): Super-dosing phytase improves the growth performance of weaner pigs fed a low iron diet. *Animal Feed Science and Technology*, Vol. 242, pp. 150-160.
- [36] Stahl, C.H.; Y.M. Han; K.R. Roneker; W.A. House & X.G. Lei (1999): Phytase improves iron bioavailability for hemoglobin synthesis in young pigs. *Journal of Animal Science*, Vol. 77(8), pp. 2135-2142.
- [37] Feng, J.; W.Q. Ma; Z.R. Xu, Y.Z. Wang & J.X. Liu (2007): Effects of iron glycine chelate on growth, haematological and immunological characteristics in weanling pigs. *Animal Feed Science and Technology*, Vol. 134, pp. 261–272.
- [38] Lee, S.H.; P. Shinde; J. Choi; M. Park; S. Ohh; I.K. Kwon; S.I. Pak & B.J. Chae (2008): Effects of Dietary Iron Levels on Growth Performance, Hematological Status, Liver Mineral Concentration, Fecal Microflora, and Diarrhea Incidence in Weanling Pigs. *Biological Trace Elements Research*, Vol. 126(1), pp. 57-68.
- [39] Yu, B.; W-J. Huang; P.W-S. Chiou (2000): Bioavailability of iron from amino acid complex in weanling pigs. *Animal Feed Science and Technology*, Vol. 86, pp. 39-52.
- [40] Henry, P.R. & E.R. Miller (1995): 9 - Iron bioavailability. Editor(s): Ammerman, C.B., Baker, D.H. & Lewis, A.J.: *Bioavailability of Nutrients for Animals*, Academic Press, pp. 169-199.

- [41] Gipp, W.F.; W.G. Pond, F.A. Kallfelz; J.B. Tasker; D.R. Van Campen; L. Krook & A.J. Visek (1974): Effect of Dietary Copper, Iron and Ascorbic Acid Levels on Hematology, Blood and Tissue Copper, Iron and Zinc Concentrations and ⁶⁴Cu and ⁵⁹Fe Metabolism in Young Pigs. *J. Nutr.*, Vol. 104, pp. 532-541.
- [42] Teucher B.; M. Olivares & H. Cori (2004): Enhancers of Iron Absorption; Ascorbic Acid and other Organic Acids. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, Vol. 74(6), pp. 403-419.
- [43] Gillooly, M.; T.H. Bothwell; J.D. Torrance; A.P. MacPhail; D.P. Derman; W.R. Bezwoda; W. Mills & W. Charlton (1983): The effects of organic acids, phytates and polyphenols on the absorption of iron from vegetables. *British Journal of Nutrition*, Vol. 49, pp. 331-342.
- [44] Salovaara, S.; A.S. Sandberg & T. Andlid (2002): Organic acids influence iron uptake in the human epithelial cell line Caco-2. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, Vol. 9-50(21), pp. 6233-6238.
- [45] O'Donovan, P.B.; R.A. Pickett; M.P. Plumlee & W.M. Beeson, W.M. (1963): Iron Toxicity in the Young Pig. *Journal of Animal Science*. Vol. 22, pp. 1075-1080.
- [46] Campbell, E. (1961): Iron poisoning in the young pig. *Australian Veterinary Journal*, Vol. 37, pp. 78-83.
- [47] National Research Council (2012): *Nutrient Requirements of Swine*. 11th Edition, National Academies Press, Washington DC.
- [48] Dove, C.R. & R.C. Ewan (1990): Effect of excess dietary copper, iron or zinc on the tocopherol and selenium status of growing pigs. *Journal of Animal Science*, Vol. 68, pp. 2407-2413.
- [49] Furugouri, K. (1972): Effect of elevated dietary levels of iron on iron store in liver, some blood constituents and phosphorus. *Journal of Animal Science*, Vol. 34(4), pp. 573-577.
- [50] Stahl, C. (2009): Dietary Fe in Post-Weaning Swine Diets: Finding the Right Balance Between Meeting Requirements and Gastrointestinal Health. *Swine News*. Vol. 32(8).
- [51] Behnsen, J. & M. Raffatellu (2016): Siderophores: More than Stealing Iron. *ASM Journals*. Vol 7(6).
- [52] Kim, J.C.; C.F. Hansen; B.P. Mullan & J.R. Pluske (2012): Nutrition and pathology of weaner pigs: Nutritional strategies to support barrier function in the gastrointestinal tract. *Animal Feed Science and Technology*. Vol. 173, pp. 3-16.
- [53] Smith, S.; J. Haworth; S. Treadway & A. Hobson (2019): PWE-055, Iron supplementation microbiome related methanogenesis and constipation – novel model to explain an age-old problem. *Journal of Gut*. Vol. 68.
- [54] Anticoi M.; E. Durán, C. Avendaño; F. Pizarro; J. Figueroa; S.A. Guzmán-Pino & C. Valenzuela (2021): Novel edible toys as iron Carrier to prevent iron deficiency of postweaned pigs. *Animal*. Vol. 15.

NAV nr.: 1137

//JAHP//

Dyregruppe: smågrise, pattegrise
 Fagområde: ernæring, mineraler, normer
 Nøgleord: jern, anæmi, normer for næringsstoffer