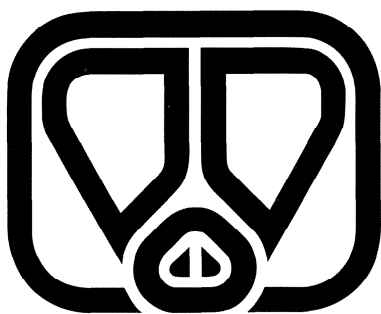


ir. E.M.A.M. Bruininx
dr.ir. J.W.G.M. Swinkels
ing. G.P. Binnendijk
ing. E.J.A.J. Broekman
A. van der Straaten
ir. C.M.C. van der Peet-
Schwering

IJzertoediening aan zuigende biggen via het drinkwater

*Supplying a chelated iron
via drinking water to
suckling piglets*



Praktijkonderzoek Varkenshouderij

Locatie:
Proefstation voor de
Varkenshouderij
Postbus 83
5240 AB Rosmalen
tel: 073 - 528 65 55

Proefverslag nummer P 1.196
december 1997
ISSN 0922 - 8586

INHOUDSOPGAVE

	SAMENVATTING	3
	SUMMARY	4
1	INLEIDING	5
2	MATERIAAL EN METHODE	6
2.1	Proefdieren en proefomvang	6
2.2	Proefbehandelingen	6
2.3	Proefindeling	
2.4	Huisvesting, voeding en geboortebehandelingen	
2.5	Verzameling van de gegevens	8
2.6	Statistische analyse	8
3	RESULTATEN	10
3.1	Experiment I	10
3'1.1	Drinkwaterverbruik	10
3'1.2	Bloedhemoglobinegehalte	10
3'1.3	Groeiverloop	10
3'1.4	Voerverbruik	12
3'1.5	Uitval en veterinaire behandelingen	13
3.2	Experiment II	13
3.2.1	Drinkwaterverbruik	13
3.2.2	Bloedhemoglobinegehalte	14
3.2.3	Groei en voerverbruik	14
3.2.4	Uitval en veterinaire behandelingen	14
3.3	Experiment III	16
3'3.1	Drinkwaterverbruik	16
3'3.2	Bloedhemoglobinegehalte	18
3'3.3	Groei en voerverbruik	18
3'3.4	Uitval en veterinaire behandelingen	19
4	DISCUSSIE EN CONCLUSIES	21
4.1	Inleiding	21
4.2	IJzerchelaat A	21
4.3	Maatregelen ter verhoging van de ijzeropname uit ijzerchelaten bevattend drinkwater	22
4.3.1	Zoetstoffen en verdubbelen van de concentratie ijzerchelaat	22
4.3.2	Verstrekking van een ander ijzerchelaat	23
4.4	Conclusies	23
	LITERATUUR	24
	BIJLAGEN	25
	REEDS EERDER VERSCHENEN PROEFVERSLAGEN	28

© 1997, Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever,

SAMENVATTING

Op het Proefstation voor de Varkenshouderij is in het najaar van 1993 een onderzoek gestart met als doel na te gaan of het mogelijk is in de ijzerbehoefte van zuigende biggen te voorzien door het verstrekken van ijzerchelaten (Fe-chelaten) via het drinkwater. Het verstrekken van ijzer via het drinkwater kan een aantrekkelijk alternatief zijn voor het per injectie toedienen van ijzer, omdat het bijdraagt aan het terugdringen van het aantal veterinaire handelingen op het bedrijf en daarmee ten goede komt aan het welzijn van de dieren. In het onderzoek zijn drie experimenten (I, II, III) uitgevoerd waarin de technische resultaten en de ijzerstatus (weergegeven door het bloedhemoglobine(gehalte) van zuigende biggen die ijzer in de vorm van synthetische ijzerchelaten via het drinkwater verstrekt kregen, zijn vergeleken met die van met ijzer geïnjecteerde biggen.

Experiment I betrof een 2 x 2 factoriële studie met 24 tomen verdeeld over 6 rondes, waarin het verstrekken van een synthetisch ijzerchelaat A aan zuigende biggen via het drinkwater is vergeleken met het éénmalig verstrekken van ijzer per injectie. Aanvullend is in dit experiment het effect van wel of niet bijvoeren bestudeerd.

Uit experiment I bleek dat Fe-chelaat A goed oplosbaar is in water, door zuigende biggen wordt opgenomen én benutbaar ijzer bevat. Tevens bleek dat het verbruik van ijzerchelaat A bevattend drinkwater door bijgevoerde biggen hoger is dan door niet bijgevoerde biggen. Echter, het verbruik van ijzerchelaten bevattend drinkwater is te laag om de ijzerstatus van met ijzer geïnjecteerde biggen te evenaren. De biggen in experiment I die ijzer verstrekt kregen via het drinkwater tenderden naar een lagere groei over de hele zoogperiode.

In de experimenten II en III (beiden 48 tomen verdeeld over 12 rondes) is de effectiviteit van zoetstoffen in combinatie met het synthetisch ijzerchelaat A beoordeeld. Verder is de concentratie van synthetisch ijzerchelaat A verdubbeld in de eerste twee weken na de geboorte (2 g ijzer per liter). In week 3 en 4 is weer de normale concentratie verstrekt (1 g per liter). Ook is een andersoortig synthetisch ijzerchelaat (B) getest (1,82 g ijzer per liter in week 1

en 2 en 0,91 g ijzer per liter in week 3 en 4). Alle biggen in experiment II en III zijn vanaf 10 dagen na de geboorte bijgevoerd.

Uit experiment II bleek dat toevoeging van zoetstoffen (Talin of vanille) niet leidde tot verhoging van het verbruik van ijzerchelaat A bevattend drinkwater. De verschillen in bloedhemoglobinegehalten tussen de proefgroepen in experiment II waren echter minder groot dan in experiment I. Wel was de uitval onder de biggen die ijzer via het drinkwater verstrekt kregen hoger dan de uitval onder de met ijzer geïnjecteerde biggen. In tegenstelling tot experiment I was er geen verschil in groei tussen de biggen die ijzer via het drinkwater en biggen die ijzer per injectie verstrekt kregen. Uit experiment III bleek dat ook het verstrekken van een dubbele concentratie ijzerchelaat A, eventueel in combinatie met een appelzoetstof in het drinkwater in de eerste twee weken van de zoogperiode, alsmede het verstrekken van een andersoortig synthetisch ijzerchelaat B niet leidden tot een verhoging van de opgenomen hoeveelheid benutbaar ijzer. Evenals in experiment II was er geen verschil in groei tussen biggen die ijzer via het drinkwater en biggen die ijzer per injectie verstrekt kregen. Weer bleek de uitval onder de biggen die ijzer verstrekt kregen via het drinkwater hoger te zijn dan de uitval onder de met ijzer geïnjecteerde biggen. Een uitzondering vormt hierbij de uitval onder de biggen die ijzerchelaat A in combinatie met de appelzoetstof verstrekt kregen.

Op basis van het gehele onderzoek kan geconcludeerd worden dat synthetische ijzerchelaten in het drinkwater door zuigende biggen gebruikt kunnen worden als ijzerbron ter preventie van bloedarmoede. De opname van het synthetische ijzerchelaten bevattend drinkwater was echter te laag om de ontwikkeling van de bloedhemoglobinegehalten zoals die met een ijzerinjectie bereikt worden, te evenaren. Wel lagen de gemiddelde bloedhemoglobinegehalten in de gehele zoogperiode continu boven de grens van bloedarmoede. Echter, de uitval van biggen die ijzer verstrekt kregen via het drinkwater was hoger dan de uitval van biggen die ijzer per injectie kregen toegediend.

SUMMARY

In 1993 research was started to examine the possibility of supplying a synthetic chelated iron via drinking water to sucking piglets as an alternative for the subcutaneous injection with iron-dextran. The research was conducted at the Research Institute for Pig Husbandry. Alternatives for the iron injection are of interest, because it contributes to the animal welfare of piglets and reduces the number of routinely administered veterinary treatments on pigfarms. In the study, blood hemoglobin concentrations were used as indicator for iron status.

The study consisted of three experiments using 120 litters of crossbred pigs. In experiment I, a 2 x 2 factorial approach was used. In 6 rounds, 24 litters were administered either an iron injection on day 3 or given free access to a synthetic chelated iron A via drinking water (1 g iron per liter) throughout the 4-week lactation period. Furthermore, the pigs were given no or free access to a creep feed starting on day 10 of the lactation period.

The results of experiment I showed that the synthetic chelated iron A was well solvable in drinking water and that it can be used as an iron-source for suckling piglets. Additionally, it was found that creep feed stimulated water intake of the piglets. However, the intake of the synthetic chelated iron A via drinking water was too low to maintain an iron-status similar to that of piglets injected with iron-dextran. The piglets that were given free access to the synthetic chelated iron A via drinking water tended to grow slower over the entire suckling period than those that received an iron-dextran injection.

In a follow-up of experiment I, experiment II and III were conducted. Each experiment consisted of 12 rounds or 48 litters (4 litters per round). In these experiments, the effectiveness of adding sweeteners to the synthetic chelated iron A via drinking water was examined. Moreover, the concentration of the synthetic chelate A was doubled in the first two weeks of the experiment (2 g iron per liter). During week 3 and 4, the normal concentra-

tion (1 g iron per liter) was maintained. Furthermore, a synthetic chelated iron B (1.82 g iron per liter in week 1 and 2, and 0.91 g iron per liter in week 3 and 4) was tested. All piglets were given free access to creep feed starting on day 10 after farrowing. The results of experiment II showed that adding sweeteners (Talin or vanilla) to the chelated iron A in water solution did not improve the water intake of the piglets. On day 13, the iron-status of the piglets that had received an iron injection tended to be higher than that of piglets that were given either a pure or sweetened chelated iron A via drinking water. On the day of weaning, the iron status was similar for all treatments. However, mortality was highest within the three groups of piglets that were given chelated iron A via drinking water. In contrast to experiment I, growth of the piglets was similar among the four treatment groups.

The results of experiment III showed that piglets were not able to maintain the iron-status when doubling the concentration of chelated iron A (with or without apple sweetener) or of chelated iron B via drinking water during the first two weeks of the suckling period. Like in experiment II, the mortality among piglets that received chelated iron A or B in water solutions was higher than that of the piglets that had received an iron injection. An exception was the mortality rate among the piglets that were given an iron chelated solution A flavoured with apple sweetener. Growth of piglets was similar for all treatments.

In all three experiments, mean blood hemoglobin concentrations were all above the minimum (5 mMol or 8 g/dL) below which piglets are considered anemic.

In conclusion, synthetic chelated iron in drinking water provides biological available iron to suckling piglets, thereby preventing blood anemia. However, the intake of chelated iron A or B solutions by suckling piglets was too low to maintain an iron-status similar to that of piglets that were injected with an iron-dextran solution. Of the performance, only the mortality rate was higher in piglets that were given chelated iron A or B in drinking water.

1 INLEIDING

In de Nederlandse varkenshouderij krijgen zuigende biggen in de eerste week na de geboorte eenmalig een ijzerinjectie ter preventie van bloedarmoede. Het toedienen van ijzer is noodzakelijk omdat biggen bij de geboorte slechts een geringe lichaamsvoorraad aan ijzer hebben en omdat het ijzergehalte in zeugenmelk laag is (15 - 20 mg/L). Gedurende de eerste drie levensweken is de totale behoefte van biggen aan benutbaar ijzer 200 mg. (Egeli en Framstad, 1996). Alternatieven voor het per injectie toedienen van ijzer aan zuigende biggen zijn toediening van een ijzerpreparaat met behulp van een doseerpomp in de bek of het verstrekken van ijzerverbindingen via voer of drinkwater. Toediening van ijzerverbindingen via het voer of drinkwater is mogelijk een aantrekkelijk alternatief voor de ijzerinjectie, omdat het kan bijdragen aan het terugdringen van het aantal veterinaire handelingen op het varkensfokbedrijf en daarmee tot een beter welzijn van de dieren. Uit onderzoek (Pajor et al., 1991; Hoofs, 1993; Boe and Jensen, 1995) blijkt dat de gemiddelde voeropname per big in de zoogperiode laag is en dat de variatie in voeropname tijdens de zoogperiode zowel binnen als tussen tomen groot is. Bovendien is de voeropname van zuigende biggen gedurende de eerste weken van de zoogperiode vrijwel nihil. Derhalve is het onwaarschijnlijk dat zuigende biggen voldoende ijzer via het voer opnemen ter preventie van bloedarmoede. Het is daarentegen niet voldoende bekend hoeveel drinkwater biggen opnemen tijdens de zoogperiode. Indien de opname van drinkwater door zuigende biggen voldoende hoog is,

kan toevoeging van een wateroplosbaar ijzerpreparaat een mogelijk alternatief zijn voor het per injectie toedienen van ijzer.

Een ijzer bevattende verbinding die, vanwege de hoge stabiliteit, in aanmerking komt voor oplossing in drinkwater van zuigende biggen is een synthetisch ijzerchelaat. Een chelaat is een verbinding tussen een metaal, in dit geval ijzer, en een organisch molecuul (bijvoorbeeld polyaminocarboxylaat) op een dussdanige wijze dat er minstens één heterocyclische ring ontstaat. In een heterocyclische ring zijn één of meer koolstofatomen in een ringstructuur vervangen door andere atomen (Engbersen en De Groot, 1992). Het organische molecuul fungeert hierbij als elektronendonor en het metaal als elektronenacceptor. Door deze, voor chelaten kenmerkende, binding zijn chelaten stabiel dan de overeenkomstige complexen en kunnen sommige chelaten stabiel blijven bij een zeer lage zuurgraad terwijl andere chelaten stabiel blijven bij een zeer hoge zuurgraad (Kratzer en Vohra, geciteerd door Swinkels et al., 1994; Camerlynck, 1994). Vanwege deze hoge stabiliteit is benutting van ijzer uit ijzerchelaten door micro-organismen zoals *E. coli* vrijwel uitgesloten.

In 1994 is door het Proefstation voor de Varkenshouderij in samenwerking met BMS Micro-Nutriënts N.V. te Bornem (België) onderzoek gestart waarin de mogelijkheden van het verstrekken van ijzer aan zuigende biggen in de vorm van een synthetisch ijzerchelaat via het drinkwater zijn bestudeerd als alternatief voor het per injectie verstrekken van ijzeroplossing met Fe(III)-hydroxide-dextraan-complex.

2 MATERIAAL EN METHODE

2.1 Proefdieren en proefomvang

Het onderzoek omvatte in totaal drie experimenten, allen uitgevoerd op het proefbedrijf van het Proefstation voor de Varkenshouderij te Rosmalen. In elk experiment zijn tomen van zeugen uit de rotatiekruising (Nederlands Landras, Fins Landras en Groot Yorkshire zeugenlijn) gebruikt. Voor zover mogelijk zijn alleen nakomelingen van Groot Yorkshire slachtvarkenvaderdieren ingezet. Experiment I omvatte zes ronden van elk vier tomen en heeft gelopen van september 1994 tot en met december 1994. Experiment II omvatte twaalf ronden van elk vier tomen en is gestart in april 1995 en beëindigd in september 1995. Experiment III omvatte eveneens twaalf ronden van elk vier tomen en heeft gelopen vanaf december 1996 tot juni 1997.

2.2 Proefbehandelingen

De 24 tomen in experiment I zijn bij de geboorte toegekend aan één van de volgende vier proefbehandelingen:

- 1 Aan de toom biggen is vanaf de geboorte tot spenen drinkwater verstrekt. IJzer is toegediend via een eenmalige injectie van 2 ml ijzer(II I)-hydroxide-dextraan-complex (PREVAN 200, AUV, Cuijk) op dag 2. De biggen zijn *niet* bijgevoerd.
- 2 Aan de toom biggen is vanaf de geboorte tot spenen drinkwater verstrekt. IJzer is toegediend via een éénmalige injectie van 2 ml ijzer(II I)-hydroxide-dextraan-complex op dag 2. De biggen zijn *wél* bijgevoerd.
- 3 Aan de toom biggen is vanaf de geboorte tot spenen ijzer(Fe)-houdend drinkwater, in een concentratie van 10 ml synthetisch ijzerchelaat A (100 gram Fe/liter) per liter, verstrekt. De biggen zijn *niet* bijgevoerd.
- 4 Aan de toom biggen is vanaf de geboorte tot spenen ijzer(Fe)-houdend drinkwater, in een concentratie van 10 ml synthetisch ijzerchelaat A (100 gram Fe/liter) per liter, verstrekt. De biggen zijn *wél* bijgevoerd.

De 48 tomen in experiment II zijn bij de geboorte toegekend aan één van de volgende

de vier, oerofbehandelingen:

- 1 Aan de toom biggen is vanaf de geboorte tot spenen drinkwater verstrekt. IJzer is toegediend via een eenmalige injectie van 2 ml ijzer(II I)-hydroxide-dextraancomplex (PREVAN 200, AUV, Cuijk) op dag 2.
- 2 Aan de toom biggen is vanaf de geboorte tot spenen ijzer(Fe)-houdend drinkwater, in een concentratie van 10 ml synthetisch ijzerchelaat A (100 gram Fe/liter) per liter, verstrekt.
- 3 Aan de toom biggen is vanaf de geboorte tot spenen ijzer(Fe)-houdend drinkwater, in een concentratie van 10 ml synthetisch ijzerchelaat A (100 gram Fe/liter) per liter, verstrekt. Tevens is aan dit drinkwater zoetstof 1 (Palasweet, Talin) toegevoegd in een concentratie van 2 ml per liter.
- 4 Aan de toom biggen is vanaf de geboorte tot spenen ijzer(Fe)-houdend drinkwater, in een concentratie van 10 ml synthetisch ijzerchelaat A (100 gram Fe/liter) per liter, verstrekt. Tevens is aan dit drinkwater zoetstof 2 (vanille, Feed Flavours Ltd.) toegevoegd in een concentratie van 750 mg per liter.

De 48 tomen in experiment III zijn bij de geboorte toegekend aan één van de volgende vier proefbehandelingen:

- 1 Aan de toom biggen is vanaf de geboorte tot spenen drinkwater verstrekt. IJzer is toegediend via een eenmalige injectie van 2 ml ijzer(II I)-hydroxide-dextraancomplex (PREVAN 200, AUV, Cuijk) op dag 2.
- 2 Aan de toom biggen is vanaf de geboorte tot dag 13 van de zoogperiode ijzer(Fe)-houdend drinkwater, in een concentratie van 20 ml synthetisch ijzerchelaat A (100 g Fe/liter) per liter, verstrekt. Vanaf dag 13 tot spenen is ijzer(Fe)-houdend drinkwater verstrekt in een concentratie van 10 ml synthetisch ijzerchelaat A (100 g Fe/liter) per liter.
- 3 Aan de toom biggen is vanaf de geboorte tot dag 13 van de zoogperiode ijzer(Fe)-houdend drinkwater, in een concentratie van 26 ml ijzerchelaat B (70 g Fe/liter) per liter, verstrekt. Vanaf dag 13 tot spenen is Fe-houdend drinkwater verstrekt in een

concentratie van 13 ml synthetisch Fe-chelaat B (70 g/liter) per liter.

- 4 Aan de toom biggen is vanaf de geboorte tot dag 13 van de zoogperiode ijzer(Fe)-houdend drinkwater, in een concentratie van 20 ml synthetisch ijzerchelaat A (100 g Fe/liter) per liter, verstrekt. Vanaf dag 13 tot spenen is ijzer(Fe)-houdend drinkwater verstrekt in een concentratie van 10 ml Fe-chelaat A (100 g Fe/liter) per liter. Tevens is aan het drinkwater gedurende de hele zoogperiode een appelzoetstof (Van Volxem, Brussel) toegevoegd, in een concentratie van 2 ml per liter.

De ijzerdosering in het drinkwater was bij alle experimenten afgestemd op een Fe-behoefte van zuigende biggen van 8 mg Fe per dag (ARC, 1981). De veronderstelde (Hol et al., 1983) drinkwateropname in de experimenten I en II bedroeg 80 ml per big per dag. De veronderstelde drinkwateropname in experiment III bedroeg in de eerste twee weken van de zoogperiode 40 ml per big per dag en in de laatste twee weken 80 ml per big per dag. De beschikbaarheden van de Fe-chelaten A en B worden beiden geschat op 10%. Beide chelaten zijn stabiel in een pH-traject van 2 tot 10. De stabiliteit van beide Fe-chelaten is dermate hoog, dat verondersteld wordt dat deze niet benut kunnen worden door de in het maagdarmkanaal aanwezige bacteriën. De zoetstoffen die in experiment II en III zijn gebruikt zijn verkregen uit voorkeurstesten die voorafgaand aan zowel experiment II als experiment III zijn uitgevoerd.

2.3 Proefindeling

In elk experiment zijn per ronde vier tomen biggen binnen een afdeling gebruikt voor de proef. Er is naar gestreefd om telkens vier tomen die binnen drie dagen in dezelfde afdeling zijn geboren, binnen twee dagen na de geboorte van de laatste toom te standaardiseren op 10 of 11 biggen. De niet levensvatbare danwel kleine biggen (geboortegewicht beneden 1.000 g) zijn bij zeugen gelegd die niet aan de experimenten deelnamen. Per experiment is bij de indeling van de tomen gestreefd naar een gelijke verdeling van de eersteworps- en

meerdereworpszeugen over de proefbehandelingen.

2.4 Huisvesting, voeding en geboortehandelingen

De tomen biggen waren in alle drie de experimenten gehuisvest in kraamafdelingen met elk zes hokken. Elk hok (2,0 m x 2,2 m) had een dicht vloergedeelte met vloerverwarming en een metalen driekantroostervloer. De ligplaats van de biggen is gedurende de eerste week na de geboorte bijverwarmd met behulp van een warmtelamp. In elke kraamafdeling was ruimteverwarming aanwezig en de afdelingen werden of mechanisch of natuurlijk geventileerd. Het klimaat werd geregeld met behulp van een klimaatcomputer. In de kraamafdeling is gedurende de zoogperiode een ruimtetemperatuur nagestreefd van 20°C.

De biggen zijn gespeend op een leeftijd van ongeveer 27 dagen. Van dag 10 tot dag 19 zijn de biggen in behandeling 2 en 4 van experiment I bijgevoerd met een biggenmelkkorrel (EW = 1,29; darmverteerbaar lysinegehalte = circa 13,0 g/kg). Van dag 19 tot dag 21 na de geboorte zijn de biggen geleidelijk overgeschakeld naar een commerciële biggenopfokkruimel (EW = 1,10 en darmverteerbaar lysinegehalte = circa 10,4 g/kg) dat tot aan de dag van spenen verstrekt is. In experiment II en III zijn alle biggen van dag 10 tot aan spenen bijgevoerd met een biggenmelkkorrel (EW = 1,29; darmverteerbaar lysinegehalte = circa 13,0 g/kg). De voeders zijn verstrekt in een rond voerbakje dat vastgezet kon worden op de roostervloer.

In alle proefgroepen is drinkwater vanaf de geboorte tot aan spenen onbepaald verstrekt via een drinkwaterdosator (drinkautomaat biggen Selvan, Schippers Bladel). Tijdens experiment I is het drinkwater dagelijks ververst en het restwater met behulp van een maatcilinder teruggemeten. In experiment II en III gebeurde dit tweemaal per week. De biggen konden uitsluitend via de dosators drinkwater opnemen.

Bij alle biggen zijn de gebruikelijke geboortehandelingen (tatoeëren, tandjes knippen, staart couperen, castreren van beertjes, injectie met amoxicilline) uitgevoerd. De toediening van ijzer staat beschreven in de

Indien in experiment II sprake was van een behandelingseffect zijn tevens de volgende contrasten getoetst:

- α Het contrast 'ijzerbevattend drinkwater met zoetstof 1 versus ijzerbevattend drinkwater met zoetstof 2' is getoetst voor het vaststellen van een mogelijk 'zoetstof-effect' op de betreffende variabele. Indien er geen verschil werd gevonden in het effect van de gebruikte zoetstoffen is het gemiddelde van de betreffende variabele van de proefbehandelingen 3 en 4 gebruikt voor contrast β .
- β Het contrast 'drinkwater met ijzerchelaat A en een zoetstof versus drinkwater met ijzerchelaat A zonder zoetstof' is getoetst voor het vaststellen van een mogelijk effect van het gebruik van zoetstoffen op de betreffende variabele. Als ook het gebruik van zoetstoffen niet verschilde van de ijzervoorziening via het drinkwater zonder zoetstof voor de betreffende variabele, is het gemiddelde van de betreffende variabele van de proefbehandelingen 2, 3 en 4 gebruikt voor contrast γ .
- γ Het contrast 'ijzertoediening per injectie versus ijzertoediening via het drinkwater' is getoetst voor het vaststellen van een mogelijk effect van de methode van ijzervoorziening op de betreffende variabele. Indien de contrasten α of β wel significant waren, is voor het toetsen van de daarop volgende contrasten geen gemiddelde bepaald over de behandelingen heen en is per behandeling getoetst.

Indien in experiment III sprake was van een behandelingseffect zijn tevens de volgende contrasten aetoetst:

- α Het contrast 'Fe-chelaat A met zoetstof versus Fe-chelaat A' is getoetst voor het vaststellen van een mogelijk zoetstof-effect. Indien geen verschillen zijn gevonden is het gemiddelde gebruikt voor contrast β .
- β Het contrast 'Fe-chelaat B versus Fe-chelaat A' is getoetst voor het vaststellen van een mogelijk effect van de soort ijzerchelaat
- γ Het contrast 'ijzertoediening via injectie versus ijzerchelaat A via het drinkwater' is getoetst voor het vaststellen van een mogelijk effect van de methode van ijzervoorziening.
- δ Het contrast 'ijzertoediening via injectie versus ijzerchelaat B' is getoetst voor het vaststellen van een mogelijk effect van de methode van ijzervoorziening.

Indien contrast α wel significant was, is voor het toetsen van contrast 'Fe-chelaat B versus Fe-chelaat A' over de proefbehandelingen 'ijzerchelaat A zonder zoetstof' en 'ijzerchelaat A met zoetstof' heen geen gemiddelde bepaald en is per proefbehandeling getoetst.

Voor de analyse van de uitval en veterinaire behandelingen is, indien het voldoende aantallen betrof, in alle experimenten de chi-kwadraattoets gebruikt.

3 RESULTATEN

3.1 Experiment I

3.1.1 Drinkwaterverbruik

In tabel 1 is het drinkwaterverbruik van de biggen weergegeven. Hierbij is de zoogperiode opgedeeld in een periode van zes dagen en in drie perioden van zeven dagen. De eerste periode bestaat slechts zes dagen omdat het merendeel van de biggen op vrijdag is geboren terwijl metingen steeds op donderdag zijn uitgevoerd.

Het drinkwaterverbruik varieerde in hoge mate tussen de vier proefbehandelingen zoals tot uiting komt in de standaard-error, Ondanks de vrij hoge standaard-error was over de gehele periode het drinkwaterverbruik van de biggen die Fe via een injectie verstrekt kregen aantoonbaar hoger dan van de proefbehandelingen met Fe-houdend drinkwater. Gedurende de laatste week van de zoogperiode tendeerde het drinkwaterverbruik van de biggen die bijgevoerd werden naar hoger dan dat van de niet bijgevoerde biggen. Over de gehele zoogperiode was het gemiddelde drinkwaterverbruik voor de Fe-injectiegroepen 89 ml per big per dag en voor de Fe-drinkwatergroepen 48 ml per big per dag.

3.1.2 Bloedhemoglobinegehalte

In tabel 2 is het verloop van de Hb-gehalten in het bloed van de biggen weergegeven.

Tijdens de eerste week van de zoogperiode daalde het bloedhemoglobinegehalte bij alle proefbehandelingen. In de tweede week werd een hogere toename bij de met Fe geïnjecteerde biggen waargenomen dan bij de biggen van de Fe-drinkwatergroepen. Vanaf dag 13 bleef het Hb-gehalte in het bloed vrijwel gelijk bij de Fe-injectiegroepen, terwijl een behoorlijke toename is waargenomen bij de biggen die Fe-drinkwater verstrekt kregen. Op dag 6, 13, 20 en de dag van spenen was het Hb-gehalte in het bloed hoger bij de Fe-injectiegroepen in vergelijking met de Fe-drinkwatergroepen. Het bijvoeren van biggen had geen duidelijk effect op het Hb-gehalte in het bloed. Interacties tussen methode van ijzer verstrekken en bijvoeren op het verloop van het Hb-gehalte in het bloed zijn niet waargenomen. De frequentieverdeling van de bloedhemoglobinegehaltenes van de individuele biggen staat vermeld in bijlage 1.

3.1.3 Groeiverloop

In tabel 3 is de groei van de biggen weergegeven.

Tabel 1: Het gemiddelde drinkwaterverbruik van zuigende biggen (ml/big/dag) die ijzer verstrekt kregen per injectie of via het drinkwater in combinatie met wel of niet bijvoeren

	ijzerinjectie		ijzerchelaat via water		sign.2			
	geen	wel	geen	wel	SEM ¹	ijzer	voer	ijzer x voer
aantal tomen	6	6	6	6				
fase in zoogperiode:								
dag 1- 6	26	36	14	16	5,9	*		
dag 7- 13	72	81	33	48	11,1	**	n.s.	n.s.
dag 14-20	107	120	57	67	15,3	**	n.s.	n.s.
dag 21 - spenen	99	165	66	81	20,0	**	#	n.s.
dag 1- spenen	76	101	42	53	11,3	**	n.s.	n.s.

¹ SEM = gepoolde standaard-error van het gemiddelde

² sign. = significantie; n.s. = niet significant; # = $p < 0,10$; * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$

Tussen dag 14 en 20 van de zoogperiode werd een hogere groei gevonden bij biggen die Fe verstrekt kregen via een injectie dan bij biggen die Fe verstrekt kregen via drink-

water. Over de gehele zoogperiode was er een tendens ($p < 0,01$) tot een hogere groei bij de met Fe geïnjecteerde biggen. Het verstreken van voer tijdens de zoogperiode

Tabel 2: Verloop van het bloedhemoglobinegehalte (mMol) van de biggen die ijzer verstrekt kregen per injectie of via het drinkwater in combinatie met wel of niet bijvoeren

	ijzerinjectie		ijzerchelaat via water		sign.2			
	geen voer	wel voer	geen voer	wel voer	SEMI	ijzer	voer	ijzer x voer
aantal tomen	6	6	6	6				
Tijdstip in zoogperiode:								
bij geboorte	66,	66,	65,	6,5	0,26	n.s.		
dag 6	5,8	5,8	55,	5,2	0,20	*		
dag 13	7,6	7,1	63,	59,	0,21	**	#	n.s.
dag 20	7,6	7,6	6,9	6,6	0,18	**	n.s.	n.s.
spenen	7,7	7,9	7,4	7,3	0,16	*	n.s.	n.s.
Vershil in het Hb-gehalte ten opzichte van de geboorte:								
dag 6	-0,8	-0,8	-1,0	-1,3	0,23	n.s.		
dag 13	10,	0,5	-0,2	-0,6	0,31	**	n.s.	n.s.
dag 20	1,0	1,0	04,	0,1	0,31	*	n.s.	n.s.
spenen	1,1	1,3	09,	08,	0,31	n.s.	n.s.	n.s.

¹ SEM = gepoolde standaard-error van het gemiddelde

² sign. = significantie: n.s. = niet significant; # = $p < 0,10$; * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$

Tabel 3: De groei (gram/big/dag) bij zuigende biggen die ijzer verstrekt kregen per injectie of via het drinkwater in combinatie met wel of niet bijvoeren

	ijzerinjectie		ijzerchelaat via water		sign.2			
	geen voer	wel voer	geen voer	wel voer	SEMI	ijzer	voer	ijzer x voer
aantal tomen	6	6	6	6				
geboortegewicht (kg)	1,44	1,47	1,47	1,49				
speengewicht (kg)	7,7	7,4	7,0	7,1	0,39	n.s.	n.s.	n.s.
fase in zoogperiode:								
dag 1- 6	186	173	177	176	12,4	n.s.		
dag 7 - 13	259	245	235	216	15,0	n.s.	n.s.	n.s.
dag 14-20	254	263	231	225	14,2	*	n.s.	n.s.
dag 21 - spenen	220	190	164	189	23,8	n.s.	n.s.	n.s.
dag 1- spenen	232	219	202	202	12,4	#	n.s.	n.s.

¹ SEM = gepoolde standaard-error van het gemiddelde

² sign. = significantie: n.s. = niet significant; # = $p < 0,10$; * = $p < 0,05$

had geen duidelijk effect op de groei van de biggen. Opvallend is wel dat tussen dag 14 en 20 de groei van de bijgevoerde biggen toenam ten opzichte van de week daarvoor terwijl bij de niet-bijgevoerde biggen de groei licht afnam. Van dag 21 tot spenen werd bij alle groepen een verlaging van de groei waargenomen.

3.1.4 Voerverbruik

In tabel 4 is de dagelijkse voeropname van de biggen weergegeven. De biggen zijn bij-

gevoerd vanaf 10 dagen na de geboorte tot spenen. Hierbij is vanaf dag 19 tot dag 21 geleidelijk overgeschakeld van een biggenmelkkorrel naar een commerciële biggenopfokkruiemel.

Uit tabel 4 blijkt dat het voerverbruik in experiment 1 laag was. Tussen dag 15 en 21 en gedurende de gehele zoogperiode werd een tendens ($p < 0,1$) tot een hogere voeropname waargenomen voor de Fe-injectiegroep in vergelijking met de Fe-drinkwater-

Tabel 4: Het voerverbruik (gram/big/dag) van zuigende biggen die ijzer verstrekt kregen per injectie of via het drinkwater

	ijzerinjectie		ijzerchelaat via water		SEM ¹	sign. ² ijzer
	geen voer	wel voer	geen voer	wel voer		
aantal tomen	6	6	6	6		
fase in zoogperiode:						
dag 10 - 13		2		2	0,3	n.s.
dag 15 - 20		16		9	1,6	#
dag 21 - spenen	-	18		12	1,9	n.s.
dag 10 - spenen	-	12		8	1,1	#

¹ SEM = gepoolde standaard-error van het gemiddelde

² sign. = significantie: n.s.= niet significant, # = $p < 0,10$

Tabel 5: Uitval en veterinaire behandelingen bij biggen die ijzer verstrekt kregen per injectie of via het drinkwater in combinatie met wel of niet bijvoeren

	ijzerinjectie		ijzerchelaat via water	
	geen voer	wel voer	geen voer	wel voer
aantal opgelegd	64	64	64	64
totaal aantal uitgevallen	0	2	4	5
aantal tomen met uitval	0	2	4	4
oorzaken van uitval:				
- maagdarfstoornissen	0	0	0	2
- achterblijven	0	0	1	1
- doodliggen	0	0	1	1
- diversen	0	2	2	1
veterinaire behandelingen:				
maagdarfstoornissen	0	0	2	3
gewrichtsontsteking	1	7	2	2

groep. De gemiddelde voeropname in de zoogperiode van de met Fe geïnjecteerde biggen was 204 gram per big (= 12 gram x 17 dagen) en van de Fe-drinkwatergroep 136 gram per big (= 8 gram x 17 dagen).

3.1.5 Uitval en veterinaire behandelingen
In tabel 5 is het aantal biggen per behandeling vermeld dat tijdens de zoogperiode is uitgevallen of veterinair behandeld is na het standaardiseren van de tomen. Vanwege de lage aantallen uitgevallen en veterinair behandelde biggen in de vier proefgroepen zijn geen statistische analyses uitgevoerd.

Het aantal uitgevallen biggen is numeriek hoger voor de Fe-drinkwatergroepen in vergelijking met de Fe-injectiegroepen. Het uitvalspercentage tijdens de zoogperiode in dit experiment was relatief laag (4,3%). Ook het aantal veterinaire behandelingen was gering bij alle vier de proefbehandelingen. Naast de in tabel 5 weergegeven individuele behandelingen is bij de groep biggen met Fe-drinkwater zonder bijvoeren één toom tegen diarree behandeld.

3.2 Experiment II

3.2.1 Drinkwaterverbruik

In tabel 6 is het drinkwaterverbruik per big per dag weergegeven. Hierbij is de zoogperiode opgedeeld in een periode van zes dagen en drie periodes van zeven dagen. De eerste periode bestaat maar zes dagen omdat het merendeel van de biggen op vrijdag is geboren, terwijl op donderdag het waterverbruik is gemeten.

Uit tabel 6 blijkt dat het drinkwaterverbruik tijdens de zoogperiode verschillend was tussen de proefbehandelingen. Alleen in de eerste week van de zoogperiode was het verschil in drinkwaterverbruik minder duidelijk. Het verschil in drinkwaterverbruik in de rest van de zoogperiode en over de hele zoogperiode is veroorzaakt doordat het drinkwaterverbruik van de groep biggen die ijzer per injectie kreeg toegediend hoger was dan dat van de groepen biggen die Fe-chelaat, al of niet in combinatie met zoetstoffen, kregen toegediend. Het drinkwaterverbruik van de groepen big-

Tabel 6: Het drinkwaterverbruik (ml/big/dag) bij zuigende biggen die ijzer verstrekt kregen per injectie of via het drinkwater (Fe-chelaat), al of niet in combinatie met een zoetstof

	Fe-injectie	Fe-chelaat		SEM ²	sign. ³
		Fe-chelaat zoetstof 1 ¹	Fe-chelaat zoetstof 2 ¹		
aantal tomen	12	12	12		
fase in zoogperiode					
dag 1 - 6	28	19	15	4,2 ^α	#
dag 7 - 13	85	48	36	9,8 ^γ	**
dag 14 - 20	152	88	74	10,6 ^γ	**
dag 21 - spenen	177	79	89	15,9 ^γ	**
dag 1 - spenen	110	59	54	8,7 ^γ	**

¹ zoetstof 1 betreft Talin, (Palasweet); zoetstof 2 betreft vanillepoeder (Feed Flavours Ltd.)

² SEM = gepoolde standaard-error van het gemiddelde

³ sign. = significantie: # = (p < 0,1); ** = (p < 0,01)

^α ijzertoeiening via drinkwater door middel van Fe-chelaat + zoetstof 1 verschilt van Fe-chelaat + zoetstof 2 (p < 0,01)

^γ ijzertoeiening per injectie verschilt van ijzertoeiening via drinkwater al of niet in combinatie met een zoetstof (p < 0,01)

gen die ijzerchelaat met of zonder een zoetstof kregen toegediend, bleek niet te verschillen.

3.2.2 Bloedhemoglobinegehalte

In tabel 7 wordt het verloop weergegeven van de bloedhemoglobinegehalten van de biggen in de zoogperiode.

Op dag 13 van de zoogperiode bleek er een tendens ($p < 0,1$) tot een verschil te zijn in het bloedhemoglobinegehalte. Deze tendens is veroorzaakt door een verschil in gemiddeld Hb-gehalte tussen de groep biggen die ijzer per injectie kreeg toegediend en het gemiddeld Hb-gehalte van de groepen biggen die Fe-chelaat via het drinkwater, al of niet in combinatie met een zoetstof, verstrekt kregen. Bij analyse van het verschil in Hb-gehalte tussen geboorte en dag 13 is geen behandelingseffect aangetoond. De frequentieverdeling van de bloedhemoglobinegehalten van de individuele biggen staan vermeld in bijlage 2.

3.2.3 Groei en voerbruik

De groei en het voerbruik van de biggen in de zoogperiode zijn weergegeven in tabel 8.

Over de gehele zoogperiode bleek de groei van de biggen niet te verschillen tussen de vier proefbehandelingen. Ook bij een opsplitsing van de zoogperiode in intervallen van twee weken zijn geen verschillen in groei waargenomen tussen de verschillende proefbehandelingen.

Uit tabel 8 blijkt dat het voerbruik van de groep biggen die ijzer per injectie kreeg toegediend hoger was dan het gemiddelde voerbruik van de groepen biggen die ijzerchelaat via het drinkwater, al dan niet in combinatie met een zoetstof, verstrekt kregen. Evenals het drinkwaterverbruik lag het gemiddelde voerbruik van de groepen biggen die ijzerchelaat in combinatie met zoetstof 1 of 2 verstrekt kregen op eenzelfde niveau.

3.2.4 Uitval en veterinaire behandelingen

In tabel 9 is het aantal biggen per behandeling vermeld dat tijdens de zoogperiode uitgevallen is na het standaardiseren van de tomen. Vervolgens wordt in deze tabel de

totale uitval per behandeling opgesplitst naar de (vermoedelijke) oorzaak van uitval. Tevens staat in tabel 9 het aantal biggen per behandeling weergegeven dat één of meer veterinaire behandelingen heeft ondergaan. Deze behandelingen zijn opgesplitst naar vermoedelijke oorzaak.

Het aantal uitgevallen biggen in de groep die ijzer verstrekt kreeg per injectie was lager dan het aantal uitgevallen biggen bij de proefbehandelingen met Fe-Chelaat in het drinkwater. Tussen de groepen die Fe-chelaat via het drinkwater verstrekt kregen zijn onderling geen significante verschillen in totale uitval opgetreden.

Bij opsplitsing van de uitval per behandeling naar oorzaken en naar periode van uitval komt naar voren dat de uitval in de weken 2, 3 en 4 van de zoogperiode bij biggen die alleen ijzerchelaat verstrekt kregen via het drinkwater met name veroorzaakt is door maagdarfstoornissen.

De uitval van biggen die Fe-chelaat in combinatie met zoetstof 1 via het drinkwater verstrekt kregen werd voornamelijk veroorzaakt door doodliggen en achterblijven. De uitval door deze oorzaken vond voor het grootste deel in de eerste week van de zoogperiode plaats.

Bij opsplitsing van de uitval van biggen die Fe-chelaat met zoetstof 2 via het drinkwater verstrekt kregen bleek dat deze voornamelijk veroorzaakt is door de uitval door maagdarfstoornissen (14 biggen). De uitval door maagdarfstoornissen in deze groep trad pas na de eerste week van de zoogperiode op. Ook was er in deze groep uitval door achterblijven.

De veterinaire behandelingen betroffen redelijk veel biggen die behandeld zijn tegen gewrichts- en klauwontstekingen in vergelijking met de andere behandelingsredenen. Er bestaan echter geen verschillen in aantal behandelde biggen per oorzaak tussen de methoden van ijzertoediening.

Naast de individuele behandelingen is één hele toom biggen die ijzerchelaat met zoetstof 1 en één hele toom biggen die ijzerchelaat met zoetstof 2 kregen behandeld tegen diarree.

Tabel 7: Verloop van het bloedhemoglobinegehalte (mMol) van de biggen die ijzer verstrekt kregen per injectie of via het drinkwater (Fe-chelaat), al of niet in combinatie met een zoetstof

	Fe-injectie	Fe-chelaat via water	Fe-chelaat + zoetstof 1 ¹	Fe-chelaat + zoetstof 2 ¹	SEM ²	sign. ³
aantal tomen	12	12	12	12		
Tijdstip in zoogperiode:						
bij geboorte	6,7	6,3	6,6	6,6	0,21	n.s.
op dag 13	7,3	7,0	6,6	6,8	0,17 ^γ	#
bij spenen	80,	7,8	7,7	7,8	0,19	n.s.
Verschil van het Hb-gehalte ten opzichte van de geboorte:						
op dag 13	06,	07,	0,0	0,2	0,23	n.s.
bij spenen	13,	1,5,	1,1	1,2	0,27	n.s.

¹ zoetstof 1 betreft Talin, (Palasweet); zoetstof 2 betreft vanillepoeder (Feed Flavours Ltd.)

² SEM = gepoolde standaard-error van het gemiddelde

³ sign. = significantie: n.s. = niet significant; # = $p < 0,10$

^γ ijzertoediening per injectie verschilt van ijzertoediening via drinkwater al of niet in combinatie met een zoetstof ($p < 0,01$)

Tabel 8: De groei (gram/big/dag) en het totale voerverbruik in 18 dagen (gram/big) bij zuigende biggen die ijzer verstrekt kregen per injectie of via het drinkwater, al of niet in combinatie met een zoetstof

	Fe-injectie	Fe-chelaat	Fe-chelaat + zoetstof 1 ¹	Fe-chelaat + zoetstof 2 ¹	SEM ²	sign. ³
aantal tomen	12	12	12	12		
geboortegewicht (kg)	1,59	1,54	1,56	1,53		
speengewicht (kg)	7,6	7,0	7,3	7,1	0,27	n.s.
fase in zoogperiode:						
dag 1 - 13	208	205	207	205	8,7	n.s.
dag 14 - spenen	226	193	216	202	11,6	n.s.
dag 1- spenen	217	198	212	204	9,0	n.s.
totaal voerverbruik per big in de periode:						
dag 10 - spenen	650	233	257	220	61,2 ^γ	**

¹ zoetstof 1 betreft Talin, (Palasweet); zoetstof 2 betreft vanillepoeder (Feed Flavours Ltd.)

² SEM = gepoolde standaard-error van het gemiddelde

³ sign. = significantie: n.s. = niet significant; ** ($p < 0,01$)

^γ ijzertoediening per injectie verschilt van ijzertoediening via drinkwater al of niet in combinatie met een zoetstof ($p < 0,01$)

Tabel 9: Uitval en veterinaire behandelingen bij biggen die ijzer verstrekt kregen per injectie of via het drinkwater (Fe-chelaat), al of niet in combinatie met een zoetstof

	Fe-injectie	Fe-chelaat	Fe-chelaat + zoetstof 1 ¹	Fe-chelaat + zoetstof 2 ¹	sign. ²
aantal opgelegd	128	128	128	131	**
aantal uitgevallen	4 ^a	18 ^b	16 ^b	26 ^b	
percentage van uitval	3	14	13	20	
week 1					
aantal uitgevallen	2	8	11	9	n.s.
oorzaken van uitval:					
- maagdarfstoornissen	0	0	0	0	3
- achterblijven	1	2	5	4	n.s.
- doodliggen	1	6	6	2	n.s.
- diversen	0	0	0	3	3
weken 2, 3, 4					
aantal uitgevallen	2 ^a	10 ^{bc}	5 ^{ab}	17 ^c	**
oorzaken van uitval:					
- maagdarfstoornissen	0 ^a	8 ^b	2 ^a	14 ^b	**
- achterblijven	0	0	2	2	3
- doodliggen	0	0	0	1	3
- diversen	2	2	1	0	3
Veterinaire behandelingen:					
aantal behandelde dieren	9	9	7	12	n.s.
behandeld voor:					
- gewrichts/klauwontst.	8	7	7	8	n.s.
- kreupel	1	0	0	0	3
- maagdarfstoornissen	0	0	0	2	3
- hoesten	0	1	0	0	3
- achterblijven	0	1	0	2	3

¹ zoetstof 1 betreft Talin, (Palasweet); zoetstof 2 betreft vanillepoeder (Feed Flavours Ltd.)

² sign. = significantie: n.s.= niet significant; ** = p < 0,01

³ aantallen te laag om te toetsen

^{ab} gemiddelden met een verschillende letter binnen een rij zijn verschillend (p < 0,05)

3.3 Experiment III

3.3.1 Drinkwaterverbruik

In tabel 10 is het drinkwaterverbruik per big per dag weergegeven. Hierbij is de zoogperiode opgedeeld in een periode van zes dagen en in drie periodes van zeven dagen. De eerste periode beslaat zes dagen omdat het merendeel van de biggen op vrijdag is geboren, terwijl op donderdag het waterverbruik gemeten is.

Uit tabel 10 blijkt dat het drinkwaterverbruik tijdens de zoogperiode veel verschilde tussen de proefbehandelingen. Alleen in de eerste zes dagen van de zoogperiode is het verschil in drinkwaterverbruik minder duidelijk. Deze verschillen in drinkwaterverbruik worden veroorzaakt door verschillen in drinkwaterverbruik tussen de met ijzer geïnjecteerde biggen en de biggen die ijzerchelaten via het drinkwater verstrekt kregen. Hierbij was het gemiddelde drinkwaterverbruik van de biggen die ijzer per

injectie kregen consequent hoger dan het drinkwaterverbruik van de biggen die ijzer in de vorm van chelaten, al of niet in combinatie met een zoetstof, via het drinkwater kregen.

De methoden van ijzervervoorziening via het drinkwater (gebruik van zoetstoffen of van een ander synthetisch ijzerchelaat) leidden niet tot verschillen in drinkwaterverbruik.

Tabel 10: Het drinkwaterverbruik (ml/big/dag) van zuigende biggen die ijzer verstrekt kregen per injectie of via het drinkwater (chelaat A of B), al of niet in combinatie met een appelzoetstof

	Fe-injectie	Fe-chelaat A	Fe-chelaat B	Fe-chelaat A +zoetstof ¹	SEM ²	sign. ³
Aantal tomen	12	12	12	12		
fase in zoogperiode:						
dag 1- 6	31	14	11	11	6,0 γ ^{δ}	#
dag 7 - 13	82	29	20	18	7,8 γ ^{δ}	**
dag 14 - 20	158	59	43	50	10,4 γ ^{δ}	**
dag 21 - spenen	192	71	62	48	14,1 γ ^{δ}	**
dag 1- spenen	116	43	34	32	7,7 γ ^{δ}	**

¹ appelzoetstof (Van Volxem, Brussel)

² SEM = gepoolde standaard-error van het gemiddelde

³ sign. = significantie: # = $p < 0,1$; ** = $p < 0,01$

γ ijzertoediening per injectie verschilt van ijzerverstrekking (chelaat A) via drinkwater, al of niet in combinatie met een zoetstof ($p < 0,05$)

δ ijzertoediening per injectie verschilt van ijzerverstrekking (chelaat B) via drinkwater ($p < 0,05$)

Tabel 11: Verloop van het bloedhemoglobinegehalte (mMol) van biggen die ijzer verstrekt kregen per injectie of via het drinkwater (chelaat A of B), al of niet in combinatie met een appelzoetstof

	Fe-injectie	Fe-chelaat A	Fe-chelaat B	Fe-chelaat A + zoetstof ¹	SEM ²	sign. ³
aantal tomen	12	12	12	12		
tijdstip in zoogperiode:						
bij geboorte	6,5	6,3	6,2	6,5	0,16	n.s.
dag 13	7,3	6,4	6,3	6,4	0,18 γ ^{δ}	**
bij spenen	7,9	7,3	7,4	7,3	0,14 γ ^{δ}	**
verschil in het Hb-gehalte ten opzichte van de geboorte:						
op dag 13	0,8	0,1	0,1	-0,1	0,21 γ ^{δ}	*
bij spenen	1,3	1,0	1,1	0,8	0,19	n.s.

¹ appelzoetstof (Van Volxem, Brussel)

² SEM = gepoolde standaard-error van het gemiddelde

³ sign. = significantie: n.s. = niet significant; * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$

γ ijzertoediening per injectie verschilt van ijzerverstrekking (chelaat A) via drinkwater, al of niet in combinatie met een zoetstof ($p < 0,05$)

δ ijzertoediening per injectie verschilt van ijzerverstrekking (chelaat B) via drinkwater ($p < 0,05$)

3.3.2 Bloedhemoglobinegehalte

In tabel 11 is het verloop van de bloedhemoglobinegehaltes per proefbehandeling weergegeven, Hb-bepalingen zijn uitgevoerd op de dag van geboorte, op een leeftijd van gemiddeld 13 dagen en bij spenen. Tevens is op dag 13 en bij spenen per proefbehandeling het verschil in Hb-gehalte ten opzichte van de waarde bij geboorte weergegeven.

Op dag 13 en bij spenen waren er verschillen in Hb-gehalte tussen de proefbehandelingen terwijl er bij de geboorte nog geen verschil in Hb-gehalte tussen de proefbehandelingen was. Deze verschillen zijn veroorzaakt door een verschil in Hb-gehalte tussen biggen die ijzer per injectie verstrekt kregen en biggen die ijzer via het drinkwater verstrekt kregen. Het gebruik van een zoetstof in combinatie met chelaat A, alsmede toepassing van een ander ijzerchelaat (chelaat B) gaf geen verschil in Hb-gehalte ten opzichte van het Hb-gehalte van de biggen die alleen ijzerchelaat A via het drinkwater verstrekt kregen. Tevens blijkt uit tabel 11 dat op een leeftijd

van gemiddeld 13 dagen bij de biggen die ijzer per injectie kregen het verschil in Hb-gehalte ten opzichte van de geboorte groter was dan dat bij de biggen die ijzer via het drinkwater verstrekt kregen. Hierbij bestond er onderling geen verschil tussen de groepen die ijzer via het drinkwater verstrekt kregen.

Bij spenen waren geen verschillen meer aanwezig in de verandering van Hb-gehalte ten opzichte van de geboorte tussen de vier proefbehandelingen. De frequentieverdeling van de bloedhemoglobinegehaltes van de individuele biggen staat vermeld in bijlage 2.

3.3.3 Groei en voerverbruik

In tabel 12 zijn de groei en het voerverbruik in de zoogperiode weergegeven. Met betrekking tot groei is de zoogperiode in tabel 12 opgesplitst in twee perioden van twee weken. De resultaten met betrekking tot het voerverbruik zijn weergegeven voor de periode vanaf dag 10 na de geboorte tot aan spenen.

Uit tabel 12 blijkt dat er, ondanks een verschil in voerverbruik, geen behandelingsef-

Tabel 12: De groei (gram/big/dag) en het totale voerverbruik in 18 dagen (gram/big) van biggen die ijzer verstrekt kregen per injectie of via het drinkwater (chelaat A of B), al of niet in combinatie met een appelzoetstof

	Fe-injectie	Fe-chelaat A	Fe-chelaat B	Fe-chelaat A + zoetstof ¹	SEM'	sign. ³
aantal tomen	12	12	12	12		
geboortegewicht (kg)	1,48	1,48	1,43	1,46		
speengewicht (kg)	7,6	7,6	7,4	7,6	0,24	n.s.
fase in zoogperiode:						
dag 1 - 13	207	221	214	218	90	n.s.
dag 14 - spenen	239	236	226	240	10,3	n.s.
dag 1- spenen	223	228	219	229	84,	n.s.
Totaal voerverbruik per big; dag 10 - spenen	352	178	170	191	34,2 ^{γ,δ}	**

¹ appelzoetstof (Van Volxem, Brussel)

² SEM = gepoolde standaard-error van het gemiddelde

³ sign. = significantie: n.s. = niet significant; ** = $p < 0,01$

^γ ijzertoediening per injectie verschilt van ijzerverstrekking (chelaat A) via drinkwater, al of niet in combinatie met een zoetstof ($p < 0,05$)

^δ ijzertoediening per injectie verschilt van ijzerverstrekking (chelaat B) via drinkwater ($p < 0,05$)

fecten zijn opgetreden op de groei in de zoogperiode. Het voerverbruik door de biggen die ijzer per injectie verstrekt kregen was hoger dan het voerverbruik van de biggen die ijzer via het drinkwater (chelaat A, eventueel in combinatie met de appelzoetstof, of chelaat B) hebben ontvangen. Effecten van het gebruik van de appelzoetstof en van het gebruik van een ander ijzerchelaat (chelaat A versus chelaat B) op de groei en het voerverbruik zijn niet opgetreden.

3.3.4 Uitval en veterinaire behandelingen
In tabel 13 zijn de aantallen uitgevallen en behandelde biggen per proefbehandeling weergegeven. De aantallen uitgevallen big-

gen zijn hierbij nog opgesplitst naar uitval in week 1 van de zoogperiode en de overige 3 weken van de zoogperiode. Tevens zijn de redenen van uitval en behandeling weergegeven.

Vanwege de relatief lage aantallen uitgevallen biggen per proefbehandeling zijn alleen de totalen geanalyseerd.

De aantallen uitgevallen biggen in de hele zoogperiode verschilden niet tussen de proefbehandelingen. Na opsplitsing op basis van moment van uitval blijkt dat de uitval in de laatste drie weken van de zoogperiode onder de dieren die ijzer per injectie kregen lager was dan de uitval onder de

Tabel 13: Uitval en veterinaire behandelingen bij biggen die ijzer verstrekt kregen per injectie of via het drinkwater (chelaat A of B), al of niet in combinatie met een appelzoetstof

	Fe-injectie	Fe-chelaat A	Fe-chelaat B	Fe-chelaat A + zoetstof ¹	sign. ²
aantal opgelegd	122	123	122	123	
totaal aantal uitgevallen	4	12	9	10	n.s.
aantal tomen met uitval	4	6	5		n.s.
week 1					
aantal uitgevallen	3	2	3	6	n.s.
oorzaken van uitval:					
- maagdarmsstoornissen	0	0		0	3
- achterblijven	0		0		3
- doodliggen		0	0	5	3
- diversen	2		2	0	3
week 2, 3, 4					
aantal uitgevallen	1 ^a	10 ^b	6 ^b	4 ^{ab}	
oorzaken van uitval:					
- maagdarmsstoornissen	0 ^a	10 ^b	4 ^{ab}	1 ^a	**
- achterblijven	0	0	0		3
- doodliggen	0	0	0	0	3
- diversen		0	2	2	3
Veterinaire behandelingen:					
aantal behandelde dieren	5	5	7	3	n.s.
behandeld voor:					
- beenwerkaandoeningen	5	4	6	3	n.s.
- diversen	0	1	1	0	3

¹ appelzoetstof (Van Volxem, Brussel)

² sign. = significantie: n.s. = niet significant; * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$

³ aantallen te laag om te toetsen

^{ab} gemiddelden met een verschillende letter binnen een rij zijn verschillend ($p < 0,05$)

dieren die ijzerchelaat A of B kregen. Er was in deze periode geen verschil in uitval tussen de dieren die ijzer per injectie kregen en de dieren die ijzerchelaat A in combinatie met een zoetstof verstrekt kregen. Het aantal uitgevallen biggen dat alleen ijzerchelaat A verstrekt kreeg in week 2 tot en met 4 tendeerde hoger te zijn dan het

aantal uitgevallen biggen in de groep die ijzerchelaat A in combinatie met een zoetstof verstrekt kreeg.

Uit tabel 13 blijkt tevens dat er tussen de vier proefbehandelingen geen verschil was in het aantal dieren dat veterinaire behandeld is. Het aantal dieren dat veterinaire behandeld is, was in alle proefbehandelingen laag.

4 DISCUSSIE EN CONCLUSIES

4.1 Inleiding

Eén van de aandachtspunten van de varkenshouderij met betrekking tot dierenwelzijn vormt het punt van de verzorgingsmaatregelen voor jonge biggen (Vermeer et al., 1997). Met de invoering van het Varkensbesluit in 1994 bestaan er ter bevordering van het dierenwelzijn richtlijnen voor onder meer het couperen van staartjes en het knippen van tandjes van pasgeboren biggen. Vanwege de reductie in het aantal veterinaire behandelingen past een geschikt alternatief voor de ijzerinjectie bij zuigende biggen binnen de bevordering van het dierenwelzijn. Wel is het belangrijk dat zuigende biggen voldoende ijzer wordt verstrekt, zodat de biggen kunnen voorzien in hun fysiologische behoefte aan ijzer. Een mogelijk alternatief voor het per injectie toedienen van ijzer is de verstrekking van ijzer in de vorm van synthetische chelaten via het drinkwater. Er is gekozen voor het verstrekken van ijzer in chelaat-vorm vanwege de goede oplosbaarheid in water.

4.2 IJzerchelaat A

Uit experiment I bleek dat ijzerchelaat A bevattend drinkwater wordt opgenomen door zuigende biggen. Uit de toename van het bloedhemoglobinegehalte na de eerste week bleek tevens dat het ijzer in ijzerchelaat A beschikbaar was.

De toename van het bloedhemoglobinegehalte verliep echter zowel in experiment I als II duidelijk sneller bij de met ijzer geïnjecteerde biggen (tabellen 2 en 7). Dit geeft aan dat de opname van beschikbaar ijzer via het drinkwater zeker in het begin van de zoogperiode te laag was.

Ondanks de tragere toename van het bloedhemoglobinegehalte bij de biggen die ijzerchelaat A via het drinkwater verstrekt kregen, bleek de groei niet te verschillen van de met ijzer geïnjecteerde biggen (tabel 3 en 8). Wel blijkt uit experiment I dat bij biggen die ijzerchelaat A via het drinkwater verstrekt kregen de uitval hoger was dan bij biggen die ijzer per injectie toegediend kregen. Dit verschil is vanwege de lage aantallen niet statistisch getoetst. Deze bevindingen worden echter

versterkt door de resultaten van experiment II en III. Uit experiment II bleek dat de uitval bij biggen die ijzerchelaat A via het drinkwater verstrekt kregen significant hoger was dan de uitval bij biggen die ijzer per injectie verstrekt kregen. In experiment III was vanaf week 2 in de zoogperiode de uitval bij biggen die ijzerchelaat A via het drinkwater verstrekt kregen hoger dan de uitval bij biggen die ijzer per injectie verstrekt kregen. Met name maag-darmstoornissen vanaf week 2 in de zoogperiode waren een belangrijke oorzaak voor de verschillen in uitval in experiment II en III. De gemiddelde ijzerstatus van de biggen die ijzerchelaat A verstrekt kregen in experiment II lag boven de grens van bloedarmoede (5 mMol). Het percentage biggen dat op een leeftijd van 13 dagen een hemoglobinegehalte van minder dan 5 mMol had was vergelijkbaar met het aantal in de "ijzerinjectiegroep". Wel blijkt uit de frequentieverdeling van de bloedhemoglobinegehalten van de individuele biggen in experiment II (bijlage 2) dat het percentage biggen in de "ijzerinjectiegroep" dat op dag 13 net boven de grens van bloedarmoede (Hb-klasse 5 tot 6 mMol) ligt numeriek lager ligt dan in de groepen die ijzerchelaat A via het drinkwater verstrekt kregen. Terwijl het percentage biggen in de "ijzerinjectiegroep" dat in de hogere hemoglobineklassen valt (boven 6 mMol) numeriek hoger is dan bij de biggen die ijzer via het drinkwater verstrekt kregen. De frequentieverdeling van de bloedhemoglobinegehalten van de biggen in experiment III (bijlage 3) geven een gelijksoortig beeld. In hoeverre deze verschillen in verdeling van bloedhemoglobinegehalten op dag 13 tussen de biggen die ijzer per injectie verstrekt kregen en de biggen die ijzer via het drinkwater verstrekt kregen samenhangen met de verschillen in uitval kan uit dit onderzoek niet worden opgemaakt. Temeer, omdat de uitval vanaf week 2 bij de biggen die ijzerchelaat in combinatie met zoetstof 1 of de appelzoetstof (in respectievelijk experiment II en III) verstrekt kregen vergelijkbaar was met de uitval in de "ijzerinjectiegroep" terwijl deze ook de numerieke verschillen in verdeling van bloedhemoglobinegehalten vertoonden. De literatuur verschaft ook geen duidelijkheid in hoeverre het bloedhemoglobinegehalte van

invloed is op de overlevingskans van zuigende biggen. In de NRC-tabel (1988) wordt een hemoglobinegehalte van 8 g/dL (= 5 mMol) als een aanvaardbaar minimum beschouwd. In het algemeen kan geen effect op groei worden aangetoond bij hemoglobinegehalten die hoger dan 5 mMol zijn. Dit is in overeenstemming met de resultaten van experiment I, II en III. Relaties tussen bloedhemoglobinegehalte (boven de grens van bloedarmoede) en mortaliteit van biggen worden echter niet vermeld in de literatuur.

De geringere toename van het bloedhemoglobinegehalte van biggen die ijzerchelaat A via het drinkwater verstrekt kregen wordt waarschijnlijk veroorzaakt door een afwijkende smaak van ijzerchelaat A bevattend drinkwater. Als gevolg van deze afwijkende smaak daalt het waterverbruik. Biggen die schoon drinkwater naast een ijzerinjectie verstrekt kregen hadden een hoger drinkwaterverbruik (tabel 1 en 6).

Het bijvoeren van de biggen in experiment I leidde wel tot een stijging van het drinkwaterverbruik, maar het verschil in ijzerstatus bleef. Dit blijkt ook uit de resultaten van de groep biggen die in experiment II ijzerchelaat A verstrekt kreeg.

Op basis van de resultaten van experiment I kan geconcludeerd worden dat ijzerchelaat A oplosbaar is in het drinkwater én voor biggen beschikbaar ijzer bevat. Tevens kan geconcludeerd worden dat de ijzeropname van de zuigende biggen verhoogd moet worden om de ijzerstatus die door met ijzer geïnjecteerde biggen wordt bereikt te evenaren,

4.3 Maatregelen ter verhoging van de ijzeropname uit ijzerchelaten bevattend drinkwater

Omdat uit experiment I bleek dat biggen te weinig ijzerchelaat A bevattend drinkwater opnemen (en daarmee te weinig ijzer) is in experiment II getracht om het verbruik van de ijzerchelaat A bevattende oplossing door zuigende biggen te verhogen door het toevoegen van zoetstoffen.

In experiment III is getracht om door middel van het verstrekken van een dubbele concentratie synthetisch ijzerchelaat A in de eerste twee weken van de zoogperiode, eventueel in combinatie met een zoetstof, de opname van ijzer te verhogen. Tevens is in experi-

ment III getracht om door middel van het verstrekken van een ander ijzerchelaat (ijzerchelaat B) in combinatie met een dubbele concentratie in de eerste twee weken van de zoogperiode de opname van ijzer via het drinkwater van zuigende biggen te verhogen.

4.3.1 Zoetstoffen en verdubbelen van de concentratie ijzerchelaat

De in experiment II en III gebruikte zoetstoffen zijn verkregen op basis van twee voorkeurstesten en micro-biologisch onderzoek die voorafgaand aan experiment II en III zijn uitgevoerd. In de voorkeurstesten zijn verschillende zoetstoffen uitgetest. De zoetstoffen die het meest gekozen werden door de biggen zijn uiteindelijk opgenomen in het onderzoek. Microbiologisch onderzoek gaf aan dat gebruik van de toegepaste zoetstoffen de groei van (pathogene) micro-organismen niet stimuleerde en daarmee de kwaliteit van drinkwater dus niet negatief beïnvloedde.

Uit de resultaten van experiment II bleek dat de zoetstoffen Talin en FF ten opzichte van alleen ijzerchelaat A geen effect hadden op het water- en voerverbruik, de groei en het bloedhemoglobinegehalte van zuigende biggen. Ook het gebruik van de appelzoetstof in combinatie met een dubbele concentratie ijzerchelaat in experiment III leidde niet tot betere resultaten ten opzichte van alleen ijzerchelaat A in een dubbele concentratie. Deze dubbele concentratie ijzerchelaat A in de eerste twee weken van de zoogperiode leidde wat betreft waterverbruik en ijzerstatus evenmin tot een evenaring van de resultaten van de met ijzer geïnjecteerde biggen. De gemiddelde bloedhemoglobinegehalten van biggen die in experiment III ijzer in een dubbele concentratie via het drinkwater verstrekt kregen lagen ruim boven de grens waaronder van bloedarmoede wordt gesproken. Wel had bijna 9% (bijlage 3) van deze biggen op een leeftijd van twee weken een bloedhemoglobinegehalte van minder dan 5 mMol. In de controlegroep (ijzerinjectie) zaten vrijwel alle biggen boven 5 mMol (bijlage 3). Bij spenen hadden nagenoeg alle biggen bloedhemoglobinegehalten van meer dan 5 mMol.

Daarnaast bleek uit experiment II dat de door maagdarmsstoornissen veroorzaakte uitval in week 2, 3 en 4 bij zoetstof 1 vergelijkbaar was met de uitval bij de biggen die ijzer per injectie verstrekt kregen. Bij zoetstof

2 was deze uitval hoger. De oorzaak voor dit verschil in uitval tussen beide zoetstoffen is niet duidelijk aanwijsbaar, maar heeft mogelijk te maken met verschillen in eigenschappen van de twee zoetstoffen.

De uitval onder de biggen die ijzerchelaat A met de appelzoetstof verstrekt kregen in week 2, 3 en 4 van de zoogperiode was vergelijkbaar met de uitval onder biggen die ijzer per injectie verstrekt kregen en lager dan de uitval onder de biggen die alleen ijzerchelaat A verstrekt kregen. Dit beeld komt overeen met de uitval in experiment II bij de biggen die ijzerchelaat A (enkele concentratie) in combinatie met zoetstof 1 verstrekt kregen. Met betrekking tot het gebruik van de zoetstoffen kan geconcludeerd worden dat deze niet bijdragen aan een verhoging van het waterverbruik van biggen die ijzerchelaat A verstrekt krijgen en niet resulteren in hogere Hb-gehalten in het bloed. Wel is er een tendens dat het gebruik van de appelzoetstof in combinatie met een dubbele concentratie ijzerchelaat A in de eerste twee weken van de zoogperiode leidde tot een vermindering van uitval in week 2, 3 en 4 van de zoogperiode in vergelijking met de toepassing van alleen ijzerchelaat A. Het lijkt erop dat de appelzoetstof de verhoging van uitval door maagdarmsstoornissen die vastgesteld is bij gebruik van alleen ijzerchelaat A (tabellen 9 en 13) in vergelijking met ijzerinjectie, teniet doet.

4.3.2 Verstrekking van een ander ijzerchelaat
In experiment III is nagegaan of het verstrekken van een ander ijzerchelaat in combinatie met een dubbele concentratie in de eerste twee weken van de zoogperiode resulteert in een verbetering van de bloedhemoglobinegehalten.

Uit de resultaten van experiment III blijkt dat ook ijzerchelaat B door biggen opgenomen wordt én beschikbaar ijzer bevat. Het drinkwaterverbruik van biggen die ijzerchelaat B verstrekt kregen verschilde echter niet van het drinkwaterverbruik van biggen die ijzerchelaat A (eventueel in combinatie met een appelzoetstof) verstrekt kregen en bleef daarmee achter bij het verbruik van drinkwater door met ijzer geïnjecteerde biggen. Dit lagere drinkwaterverbruik resulteerde ook voor de biggen die ijzerchelaat B verstrekt kregen in lagere Hb-gehalten op dag 13 en

bij spenen ten opzichte van de met ijzer geïnjecteerde biggen. Wel lagen de gemiddelde hemoglobinegehalten van biggen die ijzerchelaat B verstrekt kregen ruim boven de grens van bloedarmoede (5 mMol).

De groei van biggen die ijzerchelaat B verstrekt kregen verschilde niet van die van biggen die ijzer per injectie of in de vorm van ijzerchelaat A verstrekt kregen. Evenals bij ijzerchelaat A is de uitval van biggen die ijzerchelaat B verstrekt kregen in de laatste drie weken van de zoogperiode hoger dan de uitval van de biggen die ijzer per injectie verstrekt kregen. Met betrekking tot de toepassing van ijzerchelaat B kan geconcludeerd worden dat de effecten hiervan niet wezenlijk verschillen van de effecten van het verstrekken van ijzerchelaat A in vergelijking met het verstrekken van ijzer per injectie.

4.4 Conclusies

Op basis van dit onderzoek kan gesteld worden dat de chemische eigenschappen van de ijzerchelaten A en B dusdanig zijn, dat beide door biggen gebruikt kunnen worden als ijzerbron om te voorzien in de ijzerbehoefte. Beide chelaten leidden bij verstrekking via het drinkwater echter tot een verlaging van het drinkwaterverbruik in vergelijking met het verbruik van schoon drinkwater van met ijzer geïnjecteerde biggen. Dit lage drinkwaterverbruik leidde tot ijzeropnames die niet voldoende waren om de ijzerstatus (weergegeven door bloedhemoglobinegehalte) die met een ijzerinjectie bereikt worden te evenaren. In het algemeen was de uitval bij biggen die ijzerchelaten via het drinkwater verstrekt kregen hoger dan bij met ijzer geïnjecteerde biggen. Het toevoegen van zoetstoffen en het verdubbelen van de ijzerconcentratie in de eerste twee weken van de zoogperiode en het verstrekken van ijzerchelaat B leidden niet tot wezenlijke verbeteringen van de resultaten ten opzichte van het verstrekken van een enkele concentratie ijzerchelaat A. Hoewel het verstrekken van ijzerchelaten via het drinkwater van zuigende biggen bijdraagt aan het welzijn, vanwege terugdringing van het aantal routinematige veterinaire handelingen, is deze methode vanwege een verhoogde uitval (nog) geen geschikt alternatief voor de ijzerinjectie.

LITERATUUR

- Agricultural Research Council 1981. *The Nutrient Requirements of Pigs*. Commonwealth Agricultural Bureaux, England.
- Boe, K. and P. Jensen 1995. *Individual differences in suckling and solid food intake by piglets*. Applied Animal Behaviour Science, 42, 183-192.
- Camerlynck, R. 1994. *Metaalchelaten in de voeding*. In: Proceedings Studiemiddag Pricor B.V., april 1994, IJsselstein.
- Egeli, A.K. and T. Framstad 1996. *Chelated iron supplementation in piglets*. In: Monetti, P.G. and G. Vignola (eds), "Proceedings of the 14th International Pig Veterinary Society Congress" Bologna, Italy, 439.
- Engbersen, J.F.J. en Æ de Groot 1992. *Inleiding in de bio-organische chemie*. Pudoc, Wageningen' 5^e druk.
- Hol, A. 1983. *Het toedienen van een zuur ijzerpreparaat aan jonge biggen*. Varkensproefbedrijf "Noord- en Oost-Nederland", Raalte, proefverslag no. 32.
- Hoofs, A.J.J. 1993. *Wel of niet bedrijfsmatig bijvoeren van zogende biggen met vast voer*: Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen, proefverslag PI .97.
- National Research Council 1988. *Nutrient Requirements of Swine (9th Revised Edition)*, National Academy Press, Washington' D.C.
- Pajor, E.A., D. Fraser and D.L. Kramer 1991. *Consumption of solid food by suckling piglets: individual variation and relation to weight gain*. Applied Animal Behaviour Science, 32, 139-155.
- Vermeer, H.M., E.D. Ekkel, J.S.M. de Groot, C.E. van 't Klooster' G.F.V. van der Peet en J.W.G.M. Swinkels 1997. *Welzijn van varkens: van verzorgingsvoorschriften naar verzorgingsmaatregelen*. Praktijkonderzoek Varkenshouderij , Rosmalen, proefverslag P1.173.
- Swinkels, J.W.G.M., E.T. Kornegay and M.W.A. Verstegen 1994. *Biology of zinc and biological value of dietary organic zinc complexes and chelates*. Nutrition Research Reviews, 7, 129-149.
- SAS 1990. *SAS/STAT User's Guide: Statistics*. (Release 6.04 Ed.). SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA

BIJLAGEN

Bijlage 1: Frequentieverdeling (%) van de bloedhemoglobinegehalten bij geboorte, op dag 13 en bij spenen per behandeling in experiment I

Geboorte:

Hb-gehalte(mMol)	Fe-injectie geen voer	Fe-injectie wel voer	Fe-chelaat A geen voer	Fe-chelaat A wel voer
2 <= Hb < 3			2	
3 <= Hb < 4	2		2	4
4 <= Hb < 5	3	3	5	5
5 <= Hb < 6	22	22	18	22
6 <= Hb < 7	38	37	47	38
7 <= Hb < 8	24	31	18	18
8 <= Hb < 9	8	7	8	11
9 <= Hb < 10	3			2

Dag 13:

Hb-gehalte(mMol)	Fe-injectie geen voer	Fe-injectie wel voer	Fe-chelaat A geen voer	Fe-chelaat A wel voer
3 <= Hb < 4			2	5
4 <= Hb < 5		2	8	13
5 <= Hb < 6		8	25	39
6 <= Hb < 7	21	27	40	30
7 <= Hb < 8	52	51	18	9
8 <= Hb < 9	22	12	7	2
9 <= Hb < 10	5			2

Spenen:

Hb-gehalte(mMol)	Fe-injectie geen voer	Fe-injectie wel voer	Fe-chelaat A geen voer	Fe-chelaat A wel voer
4 <= Hb < 5				2
5 <= Hb < 6		5	8	9
6 <= Hb < 7	16	7	35	30
7 <= Hb < 8	47	35	32	38
8 <= Hb < 9	35	39	20	21
9 <= Hb < 10	2	14		
10 <= Hb < 11			2	
11 <= Hb < 12			2	
12 <= Hb < 13			1	

Bijlage 2: Frequentieverdeling (%) van de bloedhemoglobinegehalten bij geboorte, op dag 13 en bij spenen per behandeling in experiment II

Geboorte:

Hb-gehalte(mMol)	Fe-injectie	Fe-chelaat via water	Fe-chelaat + zoetstof 1 ¹	Fe-chelaat + zoetstof 2 ¹
2 <= Hb < 3	1			
3 <= Hb < 4		2	2	
4 <= Hb < 5	6	8	7	5
5 <= Hb < 6	24	28	23	26
6 <= Hb < 7	38	33	38	43
7 <= Hb < 8	18	21	21	16
8 <= Hb < 9	9	6	4	10
9 <= Hb < 10	2	2	4	
10 <= Hb < 11	2		1	

Dag 13:

Hb-gehalte(mMol)	Fe-injectie	Fe-chelaat via water	Fe-chelaat + zoetstof 1 ¹	Fe-chelaat + zoetstof 2 ¹
3 <= Hb < 4	1			
4 <= Hb < 5	3	5	8	2
5 <= Hb < 6	2	17	25	15
6 <= Hb < 7	30	30	36	38
7 <= Hb < 8	46	32	19	39
8 <= Hb < 9	16	13	12	4
9 <= Hb < 10	2	2		1
10 <= Hb < 11		1		1

Spenen:

Hb-gehalte(mMol)	Fe-injectie	Fe-chelaat via water	Fe-chelaat + zoetstof 1 ¹	Fe-chelaat + zoetstof 2 ¹
3 <= Hb < 4				
4 <= Hb < 5	1	1		1
5 <= Hb < 6	2	8	6	2
6 <= Hb < 7	11	8	24	18
7 <= Hb < 8	41	26	28	31
8 <= Hb < 9	40	45	35	36
9 <= Hb < 10	4	12	6	10
10 <= Hb < 11			1	2
11 <= Hb < 12	1			

¹ zoetstof 1 betreft Talin, Palasweet; zoetstof 2 betreft FF

Bijlage 3: Frequentieverdeling (%) van de bloedhemoglobinegehalten bij geboorte, op dag 13 en bij spenen per behandeling in experiment III

Geboorte:

Hb-gehalte(mMol)	Fe-injectie	Fe-chelaat A	Fe-chelaat B	Fe-chelaat A + appelzoetstof
2 <= Hb < 3			1	
3 <= Hb < 4				1
4 <= Hb < 5	6	8	7	3
5 <= Hb < 6	21	31	35	25
6 <= Hb < 7	49	40	39	48
7 <= Hb < 8	14	15	13	14
8 <= Hb < 9	7	5	3	6
9 <= Hb < 10	3	1	2	2
10 <= Hb < 11				1

Dag 13:

Hb-gehalte(mMol)	Fe-injectie	Fe-chelaat A	Fe-chelaat B	Fe-chelaat A + appelzoetstof
3 <= Hb < 4		2	1	
4 <= Hb < 5	1	7	5	4
5 <= Hb < 6	2	24	29	29
6 <= Hb < 7	35	43	41	43
7 <= Hb < 8	47	19	23	22
8 <= Hb < 9	10	5	1	2
9 <= Hb < 10	4			
10 <= Hb < 11	1			

Spenen:

Hb-gehalte(mMol)	Fe-injectie	Fe-chelaat A	Fe-chelaat B	Fe-chelaat A + appelzoetstof
4 <= Hb < 5	1	1		
5 <= Hb < 6	2	5	7	7
6 <= Hb < 7	8	30	24	24
7 <= Hb < 8	38	39	44	50
8 <= Hb < 9	47	22	23	17
9 <= Hb < 10	3	3	2	2
10 <= Hb < 11	1			

REEDS EERDER VERSCHENEN PROEFVERSLAGEN

- Proefverslag P 1.182
Effecten van een extra ijzerinjectie op groei en humorale immuniteit van gespeende biggen E.M.A.M. Bruininx, Jetten, K., Schrama, J.W., Parmentier, H.K. en Swinkels, J.W.G.M., september 1997.
- Proefverslag P 1.183
Vergelijking van toegelaten I&R-gebruiksmarken. E.R. ter Elst-Wahle, Roelofs, P.F.M.M. en Adams, J.H.A.N, september 1997.
- Proefverslag P 1.184
Vergelijking van de kostprijs van varkensvlees in een aan tal geselecteerde EU-lidstaten (Europorc). M.A.H. Vaessen en Backus, G.B.C., oktober 1997.
- Proefverslag P 1.185
Varkens- en runderplasma en dierlijk en plantaardig eiwit in voer voor gespeende biggen, C.M.C. van der Peet-Schwering en Binnendijk, G.P., oktober 1997.
- Proefverslag P 1.186
Bijproducten via de drinknippel bij gespeende biggen en vleesvarkens. D.J.P.H. van de Loo en Scholten, R.H.J., oktober 1997.
- Proefverslag P 1.187
Bijproducten in relatie tot technische resultaten en milieukeurmerken bij vleesvarkens. R.H.J. Scholten, Hoofs A.I.J. en Verdoes N., oktober 1997
- Proefverslag P 1.188
Bijproductenrantsoen voor vleesvarkens. invloed van voerniveau en aminozuregehalte. R.H.J. Scholten, Hoofs, A.I.J. en Beurskens-Voermans, M.P., oktober 1997.
- Proefverslag P 1.189
Groei-, slacht- en vleeskwaliteitsresultaten bij nakomelingen van twee verschillende eindberen. J.H. Huiskes, Binnendijk, G.P., Hoofs, A.I.J. en Theissen, M., oktober 1997.
- Proefverslag P 1.190
Een verhoogde zachte zeugenmat in het kraamhok. G.P. Binnendijk en Vermeer, H.M., oktober 1997.
- Proefverslag P 1.191
Effecten van maatregelen ter reductie van de mineralenuitscheiding door varkens in het NUBL-gebied. C.P.A. van Wagenberg en Backus, G.B.C., november 1997.
- Proefverslag P 1.192
Ontwerp van biologische stikstofverwijderingssystemen voor varkensmest. C.C.R. van der Kaa en Gastel, J.P.B.F. van, november 1997.
- Proefverslag P 1.193
Oplegstra tegieën voor gespeende biggen en vleesvarkens. D.J.P.H. van de Loo, Hoofs, A.I.J. en Swinkels, J.W.G.M., november 1997.
- Proefverslag P 1.194
Urine-pH, ammoniakemissie en technische resultaten van vleesvarkens na toevoeging aan het voer van organische zuren, met name benzoëzuur G.M. den Brok, Hendriks, J.G.L., Vrieling, M.G.M. en Peet-Schwering, C.M.C. van der, december 1997.
- Proefverslag P 1.195
*Optimalisatie van het *STAR-concept ten aanzien van technische resultaten en gezondheid van vleesvarkens*. R.H. J. Scholten en Plagge, J.G. december 1997.

Exemplaren van proefverslagen kunnen worden verkregen door f 25,- per verslag (m.u.v. P 1.117, deze kost f 50,-) over te maken op Postbanknummer 51.73.462 ten name van het Proefstation voor de Varkenshouderij, Lunerkampweg 7, 5245 NB ROSMALEN, onder vermelding van het gewenste verslagnummer. Buitenlandse abonnees betalen f 30,- per P 1-verslag (dit is inclusief verzendkosten) én f 15,- administratiekosten per bestelling (m.u.v. P 1.117, deze kost f 75,-). Ook bestaat de mogelijkheid een abonnement te nemen op de proefverslagen voor f 300,- per jaar. Buitenlandse abonnees betalen f 375,- per jaar.