



Varkens

PraktijkRapport Varkens 13

Voeropname tijdens de zoog- periode en darmfysiologie na spenen



Mei 2003





Colofon

Uitgever

Praktijkonderzoek Veehouderij
Postbus 2176, 8203 AD Lelystad
Telefoon 0320 - 293 211
Fax 0320 - 241 584
E-mail info@pv.agro.nl
Internet <http://www.pv.wur.nl>

Redactie en fotografie

Praktijkonderzoek Veehouderij

© Praktijkonderzoek Veehouderij

Het is verboden zonder schriftelijke toestemming van de uitgever deze uitgave of delen van deze uitgave te kopiëren, te vermenigvuldigen, digitaal om te zetten of op een andere wijze beschikbaar te stellen.

Aansprakelijkheid

Het Praktijkonderzoek Veehouderij aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen

Bestellen

ISSN 1570-8608
Eerste druk 2003/oplage 150
Prijs € 17,50

Losse nummers zijn schriftelijk, telefonisch, per e-mail of via de website te bestellen bij de uitgever.

Abstract

Indicators of gut physiology at five days after weaning of group-housed pigs were measured in relation to pre-weaning consumption of creep feed. Because post-weaning feed intake is an important determinant of post-weaning gut physiology, feed intake after weaning was measured individually using feeding stations for weanling pigs. In this report, the experimental design and results are presented.

Key words: pigs, gut physiology, weaning, feed intake

Referaat

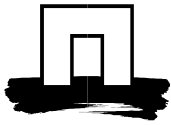
ISSN 1570-8608

Bruininx, E.M.A.M., Wassenberg H. en Binnendijk, G.P. (Praktijkonderzoek Veehouderij) Schellingerhout, A.B. (Faculteit Diergeeskunde, Universiteit Utrecht)

Voeropname tijdens de zoogperiode en darmfysiologie na spenen
PV-PraktijkRapport 13
15 pagina's, 3 tabellen

In dit onderzoek is nagegaan of er een effect is van voeropname tijdens de zoogperiode op de darmfysiologie bij spenen en vijf dagen daarna. Aangezien de voeropname na spenen bepalend is voor darmfysiologie na spenen is in deze studie de voeropname na spenen van de biggen individueel gemeten met behulp van voerstations. Dit rapport beschrijft de opzet en resultaten van het onderzoek.

Trefwoorden: biggen, darmfysiologie, spenen, voeropname



PRAKTIJKONDERZOEK
VEEHOUDERIJ

PraktijkRapport Varkens 13

Voeropname tijdens de zoog- periode en darmfysiologie na spenen

Creep feed consumption during nursing and gut physiology after weanling

E.M.A.M. Bruininx

H. Wassenberg

A.B. Schellingerhout, Faculteit Diergeneeskunde, Utrecht

G.P. Binnendijk

Mei 2003

Samenvatting

In dit experiment is nagegaan of de opname van vast voer door biggen tijdens de zoogperiode de darmfysiologie na spenen verbetert. Eveneens zijn de effecten bestudeerd van voeropname tijdens de zoogperiode op de diergewichten en groei vóór spenen.

In totaal zijn 48 tomen gebruikt verdeeld over twee rondes. Vanaf een leeftijd van 11 dagen tot aan spenen (dag 28) zijn alle tomen bijgevoerd met een commerciële melkkorrel (EW = 1,45; 15,2 g bruto lysine/kg) waaraan 1 procent chroomoxide was toegevoegd. De opname van chroomoxidebevattend voer leidde tot een groene kleur van de mest. Biggen die op alle drie de dagen waarop een mestmonster werd genomen (dag 18, 22 en 27), groene mest vertoonden, zijn beschouwd als goede eters. Biggen zonder groene mest zagen we als niet-eters, terwijl de biggen die een of twee keer groene mest vertoonden als matige eters werden bestempeld. Op basis van beschikbaarheid, gewicht, afkomst, genotype en sekse zijn in de eerste ronde 29 goede eters, 32 matige eters en 29 niet-eters geselecteerd. In de tweede ronde betrof dit respectievelijk 30, 33 en 27 dieren. Van deze geselecteerde biggen zijn in beide rondes, vlak vóór spenen, acht per type gedood. Deze dieren vormden de referentiegroepen. De resterende biggen werden gespeend en direct in hokken geplaatst, voorzien van voerstations voor gespeende biggen. Vijf dagen na spenen zijn in beide rondes acht biggen per type gedood ter bepaling van villushoogte en cryptediepte in het proximale deel van de dunne darm. Eveneens is een monster genomen van de inhoud van het colon om het gehalte aan vluchtige vetzuren (VFA's) te bepalen.

De lichaamsgewichten bij de geboorte, op dag 11 en bij spenen verschilden niet tussen de drie types biggen. Desondanks was er wel een verschil in groei vanaf dag 11 tot aan spenen. Tijdens deze periode was de groei van de goede eters hoger dan die van de niet-eters en matige eters. Op de dag van spenen waren er geen verschillen in darmmorfologie (villushoogte en cryptediepte) en VFA-concentraties in de inhoud van het colon tussen de drie types biggen. De voeropname en groei na spenen van de goede eters waren hoger dan die van de niet-eters terwijl de villushoogte en villus/crypte-ratio niet verschilden bij de biggen uit deze groepen die werden gedood. De VFA-concentratie in het colon en de concentratie aan die specifieke VFA's in het colon die in verband worden gebracht met fermentatieve eiwitafbraak (branch chain fatty acids) verschilden evenmin. De VFA-concentratie in het colon op 5 dagen na spenen bleek geassocieerd te zijn met de groei.

Deze studie bevestigt eerdere bevindingen dat de opname van vast voer tijdens de zoogperiode de voeropname en groei na spenen stimuleert. De verhoging van voeropname na spenen leidt echter niet tot een vermindering van de darmschade (villusatrofie) die typisch is voor de eerste dagen na spenen.

Summary

Individually feed intake characteristics and indicators of gut physiology of group-housed weanling pigs were measured in relation to pre-weaning consumption of creep feed. Additionally, the effects of creep feed consumption on pre-weaning BW and gain were assessed. A total of 48 litters was used in two trials. From 11 d of age until weaning (d 28), all 48 litters were fed a creep feed (12.8 MJ NE/kg, 15.2 g lysine/kg) supplemented with 1% chromic oxide. Piglets showing green-coloured faeces on three sampling days were designated as good eaters, whereas piglets that never showed green faeces were labelled as niet-eaters. Piglets having green faeces one or twice were designated as moderate eaters. Based on availability, BW, litter origin, genotype and gender 29 good eaters, 32 moderate eaters and 29 niet-eaters were selected in the first trial. In the second trial there were 30 good eaters, 33 moderate eaters, and 27 niet-eaters. In each trial eight piglets of each eating type were immediately killed to serve as a reference group. The remaining piglets of each eating type were weaned and placed in pens equipped with computerised feeding stations so that distributions of BW, litter origin, and gender were similar within pens. In each trial, 8 pigs of each eating type were killed 5 days after weaning in order to determine villous heights and crypt depths in the proximal small intestine and VFA concentrations in the colon. During nursing, bodyweight was not related to the pre-weaning consumption of creep feed ($P > 0.1$) whereas ADG of the good eaters during the creep feeding period was higher ($P < 0.05$) than of the moderate and niet-eaters. Both morphology measures and VFA concentrations on the day of weaning were unaffected ($P > 0.1$) by the pre-weaning feed consumption. After weaning, feed intake and gain of the total group of good eaters were higher ($P < 0.05$) than that of the niet-eaters, whereas villous height and villous to crypt ratios did not differ ($P > 0.1$). Neither total VFA-concentration nor the proportion of branch chain VFA were affected by creep feed consumption during nursing. Total VFA-concentration in the colon was positively associated with body weight gain ($P < 0.001$). This study confirms earlier findings that consumption of feed during nursing stimulates feed intake and growth after weaning. However, the beneficial effects were not associated with a prevention of damage to small intestinal morphology.

Inhoudsopgave

Samenvatting

Summary

1	Inleiding	1
2	Materiaal en methode	2
2.1	Proefbehandelingen en proefindeling.....	2
2.2	Huisvesting en klimaat.....	2
2.3	IVOG®-stations	3
2.4	Verzameling en verwerking van gegevens	3
2.5	Statistische analyse	4
3	Resultaten	5
3.1	Voeropname en groei vóór spenen	5
3.2	Voeropname en groei na spenen	5
3.3	Morfologie van het duodenum vóór en na spenen.....	8
3.4	Vetzuren en droge stof in het colon vóór en na spenen.....	8
4	Discussie	10
5	Betekenis voor de praktijk	12
	Literatuur	13
	Bijlagen	15

1 Inleiding

Het spenen van biggen op een leeftijd van 3 tot 4 weken heeft nadelige veranderingen in de bouw en functie van de dunne darm tot gevolg (kortere villi, diepere crypten, zwakkere barrière tegen ongewenste stoffen; Hampson, 1986; Kelly et al., 1991). Deze veranderingen zouden nadelig zijn voor de technische resultaten omdat ze een minder goede vertering en absorptie tot gevolg hebben (Pluske et al., 1995). Een slechtere vertering en absorptie leidt vervolgens weer tot meer onverteerde nutriënten in de blinde en dikke darm waar ze beschikbaar komen voor fermentatieve omzettingen die leiden tot hogere gehalten aan fermentatieproducten, zoals vluchtige vetzuren en ammoniak (Makkink, 1993; Rasmussen et al., 1988; Houdijk, 1998). Een continue aanbod van nutriënten op darmniveau is essentieel om al deze ongewenste veranderingen te voorkomen (Kelly et al., 1991; Pluske et al., 1996ab). De voeropname van biggen direct na spenen is dus van groot belang voor zowel de technische resultaten als de (darm)gezondheid.

Vaak worden biggen in de praktijk tijdens de zoogperiode bijgevoerd zodat zij al vóór spenen bekend zijn met vast voer, waardoor ze na spenen eerder en meer voer opnemen. Door de grote variatie in voeropname zowel vóór als na spenen is dit tot voor kort nooit aangetoond. Recent onderzoek (Bruininx et al., 2002) toonde aan dat voeropname tijdens de zoogperiode de voeropname en groei na spenen stimuleert. In genoemd onderzoek werd vóór spenen een melkkorrel verstrekt waaraan een kleurstof (chroomoxide) was toegevoegd. Hiermee konden we aan de hand van de mestkleur onderscheid maken tussen biggen die wel en geen voer hadden opgenomen tijdens de zoogperiode. Na spenen werd de individuele opname van deze biggen gevolgd met behulp van voerstations. We verwachtten dat bij biggen met voeropname tijdens de zoogperiode de bouw en functie van de dunne darm na spenen beter intact blijft, doordat de voeropname na spenen vlotter op gang komt en ook hoger is.

In dit onderzoek is nagegaan of de opname van vast voer door biggen tijdens de zoogperiode de fysiologie van de darm na spenen ten goede komt. Eveneens is nagegaan in hoeverre de groei van biggen tijdens de zoogperiode gerelateerd is aan de opname van vast voer tijdens de zoogperiode.

2 Materiaal en methode

Proefdieren en proefomvang

Het onderzoek is uitgevoerd in maart en april 2001 op het Praktijkcentrum Rosmalen. Verdeeld over twee rondes zijn in het experiment 48 tomen afkomstig van rotatiekruisingszeugen en Groot Yorkshire slachtvarkenvaderdieren gebruikt. De rotatiekruisingszeug bestond uit drie varkensrassen: Nederlands Landras, Fins Landras en Groot Yorkshire zeugenlijn. Het ras dat de grootste bijdrage leverde aan het genotype van de zeug was bepalend bij het vaststellen van het "major genotype" van de biggen (zie eveneens Bruininx et al., 2000). Tijdens het experiment zijn uitsluitend biggen gebruikt van het major genotype Fins Landras of Groot Yorkshire zeugenlijn.

2.1 Proefbehandelingen en proefindeling

Vóór spenen

Tijdens de zoogperiode is aan alle tomen een commerciële melkkorrel verstrekt (EW = 1,44; 13,7 g/kg darmverteerbaar lysine). Dit voer bevatte eveneens 1% chroomoxide. Op dag 18, 22 en 27 na de geboorte hebben we mestmonsters genomen bij alle biggen. Hiervoor gebruikten we een "faeceslepeltje" (Instruvt B.V., Amerongen) dat de dierenartspraktijk gebruikt voor het nemen van mestmonsters bij honden/katten om het aantal wormeieren te bepalen. De mest van biggen die tijdens de zoogperiode voer opnamen, vertoonde door de aanwezigheid van chroomoxide in meer of mindere mate een groene kleur (Barnett et al., 1989). De mate van kleuring is afhankelijk van de hoeveelheid opgenomen voer én van de opname van melk (verdunding). Op basis van de kleur van de mest is elke bijgevoerde big ingedeeld als "goede eter", "niet-eter" of "matige eter". Biggen waarvan de mest driemaal als "groen" is beoordeeld, zijn beschouwd als "goede eters". Biggen waarvan de mest nooit een groene kleur had, zagen we als "niet-eters" en biggen waarvan de mest slechts een of twee keer een groene kleur vertoonde, als "matige eters". De kleur van de mest is telkens door dezelfde persoon beoordeeld. Op basis van lichaamsgewicht, sekse, genotype en afkomst zijn tijdens de eerste proefronde aan het einde van de zoogperiode 29 "goede eters", 29 "niet-eters" en 32 "matige eters" geselecteerd; tijdens de tweede ronde was dit 30 "goede eters", 27 "niet-eters" en 33 "matige eters". Op de dag van spenen zijn in beide rondes van deze geselecteerde biggen acht exemplaren (vier beertjes en vier zeugjes) per type van voeropname voor sectie bij de zeug vandaan gehaald. Deze 48 biggen vormden de referentiegroepen voor de metingen aan het darmweefsel en darminhoud. De resterende 132 biggen zijn gespeend en opgelegd in hokken met voerstations. Van deze 132 biggen zijn al bij spenen op basis van gewicht, afkomst, sekse en genotype 16 biggen per voeropnametype aangewezen die we op dag 5 na spenen hebben gedood en onderzocht. In totaal is in de proef dus op 48 biggen sectie uitgevoerd bij spenen en 5 dagen daarna nog eens op 48 biggen, waarbij drie klassen van biggen zijn onderscheiden op basis van de frequentie van het voorkomen van groene mest. Het experiment is uitgevoerd met toestemming van de dier-experimentencommissie (DEC) van de Faculteit Diergeneeskunde van de Universiteit Utrecht.

Na spenen

Per opfokhok zijn van elke categorie (goede eters, niet-eters en matige eters) drie of vier biggen opgelegd (11 biggen per hok). Bij opleg is elke big nogmaals gewogen en voorzien van een oortransponder. Alle biggen in een hok behoorden tot hetzelfde major genotype (Fins Landras of Groot Yorkshire zeugenlijn). Na spenen zijn in elke ronde de biggen direct overgeschakeld op een speenvoer (zie bijlage 1), dat we de gehele vijfdaagse proef hebben verstrekt. Vanwege mogelijke effecten op darmfysiologie bevatte het speenvoer in deze proef geen of slechts lage gehalten aan toevoegingen die de (darm)gezondheid van de biggen mogelijk positief beïnvloeden. We hebben dus aan de voeders geen antibiotica en organische zuren toegevoegd. Tevens zijn de voeders zodanig samengesteld dat de zink- en kopergehalten voldeden aan de minimale nutritionele eisen (NRC, 1998). De zink- en kopergehalten waren zo laag dat voerbesparende effecten op de gezondheid van beide mineralen niet te verwachten waren. Per ronde is van het voer een verzamelmonster gemaakt. Deze verzamelmonsters zijn geanalyseerd op de gehalten aan droge stof, ruw eitwit, ruw vet, ruwe celstof en as. In bijlage 1 is de berekende grondstoffensamenstelling en de geanalyseerde chemische samenstelling van het speenvoer weergegeven.

2.2 Huisvesting en klimaat

De tomen biggen waren tijdens de zoogperiode gehuisvest in kraamafdelingen met zes hokken. Ieder hok (1,8 x 2,2 m) had een dicht vloergedeelte met vloerverwarming en een metalen driekant-roostervloer. De ligplaats van de biggen werd de eerste week na geboorte extra verwarmd met een warmtelamp. In elke afdeling was

ruimteverwarming en de afdelingen werden of mechanisch of natuurlijk geventileerd. Het klimaat werd geregeld met een klimaatcomputer. In de kraamafdeling is gedurende de zoogperiode een ruimtetemperatuur van 20°C nagestreefd.

Na spenen zijn de geselecteerde biggen opgelegd in biggenopfokhokken, voorzien van een IVOG®-voerstation. De hokken (2,65 m x 1,5 m) hadden een volledig roostervloer (kunststof rooster: 1,8 m x 1,5 m; metalen driekant rooster: 0,8m x 1,5 m; mest spleet: 0,05 m x 1,5 m) waarvan 0,42 m² werd ingenomen door de voerstations. De afdeling is mechanisch geventileerd en de luchttoevoer en verwarming waren computermatig gestuurd. Bij opleg was de ruimtetemperatuur ingesteld op 27°C. Deze is vervolgens in 5 weken tijd geleidelijk verlaagd tot 20°C. De vloertemperatuur was bij opleg ingesteld op 32°C en hebben we in 2 weken geleidelijk verlaagd tot 29°C, daarna in 3 weken tot 20°C.

Om effecten van variatie in lichtintensiteit op voeropnamekenmerken te voorkomen, was de biggenopfokafdeling volledig geblindeerd én vanaf 7.00 uur 's ochtends tot 19.00 uur 's avonds kunstmatig verlicht.

2.3 IVOG®-stations

Het IVOG®-voerstation bestaat uit een eenvaks droogvoerbak met daarboven een reservoir voor maximaal 30 kg droogvoer. De droogvoerbak is op een elektronische weegschaal geplaatst en wordt continu gewogen. Het voerstation is voorzien van een fotocel om biggen die het station bezoeken te herkennen. Herkenning vindt plaats met behulp van antennes in de voerstations en oortransponders die de biggen dragen. De elektronische weegschaal heeft een nauwkeurigheid van +/- 10 g binnen een bereik van 0 tot 50 kg. Als de fotocel niet wordt onderbroken, wordt de droogvoerbak continu gewogen. De antenne activeert de oortransponder binnen een bereik van 60 cm (De Haer, 1992). Een klein hek voor de voerbak reikt 20 cm het hok in. Dit hek is kort genoeg om competitie tussen de biggen mogelijk te maken, maar voorkomt dat twee of meer biggen tegelijk het voerstation binnengaan. De biggen hebben vrije toegang tot de voerbak kunnen we aanpassen in het voerstation. De trog in deze voerbak is 22 cm breed en 20 cm diep. De toegangsbreedte tot de voerbak kunnen we aanpassen al naar gelang de grootte van de biggen. Bij elk bezoek van een big aan het voerstation worden het gewicht van de voerbak en het tijdstip aan het begin en het eind van elk bezoek automatisch geregistreerd, waarmee vervolgens het voerverbruik, bezoekduur en eetsnelheid berekend zijn.

2.4 Verzameling en verwerking van gegevens

Daags voor spenen, op de dag van spenen (= dag 0) en op dag 4 na spenen zijn alle biggen individueel gewogen. Op basis van de data uit de voerstations zijn per big de dagelijkse voeropname en voeropnamekenmerken zoals latentietijd, stijging van de dagelijkse voeropname en de voeropname gedurende de eerste 24 uren na de start van de voeropname (=initiële voeropname; Bruininx et al., 2001) berekend. Op dag 5 na spenen zijn de voor sectie aangewezen 48 biggen nogmaals gewogen en vervolgens is er sectie op uitgevoerd.

Sectie procedures en monsternames

Op de dag van dissectie (dag 0 en dag 5) zijn de dieren waarop sectie uitgevoerd wordt, met Stresnil® gepremediceerd waarna met behulp van zuurstof, lachgas en isofluraan een algehele anesthesie is bewerkstelligd. Hierna is het abdomen geopend en het maagdarmkanaal verwijderd en zijn de biggen geëuthaniseerd. Op een meter vanaf de pylorus zijn stukjes darm (\pm 2 cm) genomen voor histologisch onderzoek. In dit rapport duiden we de plaats in de darm waar de monsters zijn genomen aan met de term "duodenum". Van de inhoud van het colon zijn monsters genomen (\pm 2 gram) en direct ingevroren bij -18°C. Deze monsters zijn gebruikt om de gehalten aan vluchtige vetzuren (azijnzuur, propionzuur, boterzuur, iso-boterzuur, valeriaanzuur en iso-valeriaanzuur) en droge stof te bepalen.

Histologie

De stukjes darm ter bepaling van de villushoogte en cryptediepte zijn opengeknijpt, direct gespoeld in een fysiologische zoutoplossing, op dental wax gespeld en gefixeerd in een oplossing van 4% formaline. Na fixatie zijn de biopten ingebed in paraffine en hebben we coupes gesneden. De coupes zijn gekleurd met haematoxyline en gebruikt voor metingen van villushoogte en cryptediepte.

Droge stof en vluchtige vetzuren in darminhoud

Het drogestofgehalte van de monsters is bepaald in het gevriesdroogde product. Van het gevriesdroogde materiaal werd circa 2 gram in een voorgedroogde glasdoos gewogen met behulp van een analytische balans. De monsters zijn 4 uur gedroogd en 2 uur nagedroogd in een droogstoof (103°C). Na de eerste droogperiode van 4 uur zijn de monsters 1 uur afgekoeld in een exsiccator en gewogen op een analytische balans. Vervolgens

zijn de monsters 2 uur nagedroogd en opnieuw gewogen. Indien het absolute verschil tussen beide wegingen meer dan 0,1% bedroeg van het ingewogen monster, werd het monster opnieuw gedurende 2 uur gedroogd en gewogen (ISO 6469 / NEN 3332).

Het gehalte aan vluchtige organische zuren (azijnzuur, propionzuur, (iso-)boterzuur, (iso)valeriaan-zuur) is bepaald met gaschromatografie (GC). Ter voorbereiding van de bepaling zijn de monsters onder koeling (4°C) gecentrifugeerd (41.750 G) en is het supernatant afgezogen. Het supernatant werd 20 × verdund met fosforzuur. In dit verdunde supernatant is door GC het gehalte aan vluchtige vetzuren bepaald.

2.5 Statistische analyse

Verschillen in technische resultaten en voeropnamekenmerken zijn statistisch geanalyseerd volgens een split plot model (SAS, 1994). De data van de niet-gespeende biggen zijn geanalyseerd volgens model 1. In model 1 vormde de toom de grote experimentele eenheid ofwel het “plot” en de biggen binnen de tomen de kleine experimentele eenheden ofwel de “sub plots”.

$Y = \mu + \text{ronde} + \text{major genotype} + \text{rest 1} + \text{seks} + \text{voeropnametype} + \text{rest 2 (model 1)}$

De effecten van ronde en major genotype zijn getoetst tegen rest term 1, die van seks, voeropnametype en interacties tegen restterm 2.

Alle data over darmfysiologie (vóór en na spenen) zijn geanalyseerd zonder een random bijdrage van de toom (model 2):

$Y = \mu + \text{ronde} + \text{major genotype} + \text{seks} + \text{voeropnametype} + \text{rest (model 2)}$

De data van de gespeende biggen zijn geanalyseerd volgens model 3. Hierin vormde een hok het “plot” en de biggen binnen de hokken de “sub plots”.

$Y = \mu + \text{ronde} + \text{major genotype} + \text{rest 1} + \text{seks} + \text{voeropnametype} + \text{rest 2 (model 3)}$

De effecten van ronde en major genotype zijn getoetst tegen rest term 1, die van seks, voeropnametype en interacties tegen restterm 2.

Effecten met een overschrijdingskans (p) kleiner dan 0,05 zijn als significant beschouwd. In overeenstemming met eerdere studies (Bruininx et al., 2001 en 2002) bleken de latentietijden niet “normaal verdeeld”. De effecten van de proeffactoren op de latentietijd zijn getoetst volgens de Kaplan-Meier methode (Kalbfleisch and Prentice, 1980).

3 Resultaten

Uit de analyses bleek dat het major genotype nauwelijks effect had op de bestudeerde variabelen. Daarom bespreken we alleen de effecten van sekse en voeropnametype.

3.1 Voeropname en groei vóór spenen

De voeropname op toomniveau tijdens de zoogperiode varieerde van 24 tot 690 gram per big vanaf dag 11 tot dag 28. De gemiddelde voeropname in deze periode bedroeg 301 gram per big (standaard deviatie = 151). Ongeveer 65% van de totale voeropname tijdens de zoogperiode werd opgenomen in de laatste week (dag 22-28). Van alle 536 bijgevoerde biggen waren er 127 die drie keer groene mest hadden (goede eters). De mest van 176 biggen vertoonde een of twee keer een groene kleur (matige eters), terwijl 56 biggen nooit groene mest hadden (niet-eters). De kleur van de mest van de resterende 177 biggen was een of meerdere keren niet goed te beoordelen. De data van deze biggen zijn niet meegenomen in de analyse van de technische resultaten tijdens de zoogperiode. In tabel 1 zijn de diergewichten en groei tijdens de zoogperiode weergegeven. Uit deze tabel blijkt dat zowel het geboortegewicht als het gewicht bij de start van het bijvoeren (dag 11) van de beertjes hoger waren dan van de zeugjes. Het speengewicht en de groei tijdens de zoogperiode verschilden daarentegen niet tussen beertjes en zeugjes. Volledigheidshalve moeten we vermelden dat met betrekking tot het geboortegewicht interactie was tussen sekse en voeropnametype. Het geboortegewicht van de niet-etende beertjes (1,52 kg) was hoger dan dat van de matig en niet etende zeugjes (respectievelijk 1,34 en 1,28 kg), terwijl het niet verschilde van het geboortegewicht van de overige combinaties van sekse en voeropnametype. De diergewichten op dag 11 en bij spenen verschilden niet tussen de drie voeropnametypes. Toch was er vanaf dag 11 tot aan spenen wel een verschil in groei tussen de drie voeropnametypes. Tijdens deze periode groeiden de goede eters sneller dan de matige eters en niet-eters.

3.2 Voeropname en groei na spenen

De tijd tussen opleg en eerste voeropname (latentietijden) verschilde niet tussen zeugjes en beertjes en evenmin tussen de drie voeropnametypes. In tabel 2 zijn de voeropname, groei en enkele andere voeropname-kenmerken van biggen tijdens de eerste 4 dagen na spenen weergegeven per sekse en voeropnametype. Tabel 2 heeft betrekking op alle biggen die gevolgd zijn na spenen en dus niet alleen op de biggen die op dag 5 zijn gedood voor het uitvoeren van secties. Uit tabel 2 blijkt dat voeropname en groei niet verschilden tussen beide sekse, terwijl de beertjes de voerstations minder vaak (36,8 versus 43,6 dagelijkse bezoeken) maar wel langduriger bezochten én per succesvol (met voeropname) bezoek gemiddeld 1 gram meer voer opnamen dan de zeugjes. De overige voeropnamekenmerken zoals eetsnelheid, initiële voeropname en de dagelijkse stijging van de voeropname, verschilden niet tussen beertjes en zeugjes. Voeropname en groei verschilden wel tussen de voeropnametypes. De goede eters namen tijdens de eerste 4 dagen na spenen meer voer op en groeiden sneller dan de niet-eters. De verschillen in voeropname werden gerealiseerd door een hoger aantal bezoeken met voeropname door de goede eters én een hogere eetsnelheid tijdens deze bezoeken. De niveaus van genoemde variabelen van de matige eters lagen tussen die van de goede eters en niet-eters in.

Tabel 1 Gemiddelde lichaamsgewichten en groei van biggen tijdens de zoogperiode per sekse en per voeropnametype

	Sekse		Voeropnametype ²				SEM ¹
	Beertje	Zeugje	Niet-eters	Matige eters		Goede eters	
				Matige eters	Goede eters		
Aantal biggen	168	191	56	176	127		
Geboortegewicht, kg ³	1,45 ^a	1,35 ^b	1,40	1,39	1,42	0,025	
Gewicht tijdens start van bijvoeren, kg	3,69 ^a	3,54 ^b	3,68	3,60	3,57	0,069	
Speengewicht, kg	8,17	7,95	8,06	7,94	8,18	0,143	
Groei, g/d							
Dag 0 tot 11	212	207	203	209	216	5,0	
Dag 11 tot spenen	263	259	257 ^a	255 ^a	271 ^b	5,2	
Dag 0 tot spenen	243	239	241	237	245	4,7	

¹ SEM = gepoolde standaard error van het gemiddelde (geeft een indicatie van de nauwkeurigheid van de schatting van de gemeten variabele).

² Vanaf een leeftijd van gemiddeld 11 dagen tot aan spenen (dag 28) zijn alle biggen bijgevoerd met een melkkorrel die 1% chroomoxide bevatte.

Een groene kleur van de mest, veroorzaakt door chroomoxide, gaf aan dat een big voer had opgenomen. Biggen waarvan de mest driemaal als "groen" werd beoordeeld, zijn beschouwd als "goede eters". Biggen waarvan de mest nooit een groene kleur had, zagen we als "niet-eters". Biggen waarvan de mest slechts een of twee keer een groene kleur vertoonde zijn beschouwd als "matige eters".

³ Interactie tussen sekse en voeropname type ($p < 0,05$).

^{a,b} Gemiddelden met een verschillende letter binnen een rij én binnen een proeffactor zijn verschillend ($p < 0,05$).

Tabel 2 Voeropname, groei en voeropnamekenmerken van biggen tijdens de eerste 4 dagen na spenen per sekse en per voeropnametype

	Sekse			Voeropnametype ²			SEM ¹
	Beertje	Zeugje	SEM ¹	Niet-etters	Matige etters	Goede etters	
Aantal biggen	68	64		40	49	43	
Voeropname (g/dag)	132	129	8,5	105 ^a	132 ^{ab}	154 ^b	10,6
Groei (g/dag)	-4	-4	12,0	-34 ^a	2 ^{ab}	20 ^b	15,0
Bezoeken per dag							
- totaal	36,8 ^a	43,6 ^b	2,34	37,7	38,5	44,4	2,94
- met voeropname	7,3	8,1	0,43	6,7 ^a	7,5 ^{ab}	8,9 ^b	0,54
- tijd per bezoek (s)	71	63	3,1	66	70	66	3,8
Bezoeken met voeropname							
- tijd per bezoek (s)	218	197	10,4	215	215	193	13,0
- voeropname per bezoek (g)	15	14	0,6	14	15	15	0,7
- eetsnelheid (g/min)	4,6	4,6	0,19	3,9 ^a	4,7 ^{ab}	5,0 ^b	0,24
Initiële voeropname (g, kg ^{0,75} , d) ³	16,8	19,5	2,17	17,2	18,1	19,2	2,72
Dagelijkse stijging (g, kg ^{0,75} , d ²) ⁴	2,6	3,6	0,89	3,0	4,4	1,9	1,11

¹ SEM = gepoolde standaard error van het gemiddelde (geeft een indicatie van de nauwkeurigheid van de schatting van de gemeten variabele).

² Vanaf een leeftijd van gemiddeld 11 dagen tot aan spenen (dag 28) zijn alle biggen bijgevoerd met een melkkorrel die 1% chroomoxide bevatte.

Een groene kleur van de mest, veroorzaakt door chroomoxide, gaf aan dat een big voer had opgenomen. Biggen waarvan de mest driemaal als "groen" werd beoordeeld, zijn beschouwd als "goede etters". Biggen waarvan de mest nooit een groene kleur had, zagen we als "niet-etters". Biggen waarvan de mest slechts een of twee keer een groene kleur vertoonde zijn beschouwd als "matige etters".

³ Initiële voeropname = de voeropname (g) per kg metabool lichaamsgewicht gedurende de eerste 24 uren volgend op het eerste bezoek met voeropname.

⁴ Dagelijkse stijging = de stijging van de voeropname per dag in de periode tussen het eerste bezoek met voeropname en dag 4 voor sectie.

^{a,b} Gemiddelden met een verschillende letter binnen een rij én binnen een proefactor zijn verschillend ($p < 0,05$).

3.3 Morfologie van het duodenum vóór en na spenen

In tabel 3 staan de resultaten van de villus- en cryptemetingen op drie plaatsen in de dunne darm van de niet gespeende biggen en van de biggen die op 5 dagen na spenen ten behoeve van secties zijn gedood. De villi in het duodenum van de niet gespeende biggen waren gemiddeld 160 μm langer ($p < 0,001$) dan die van de gespeende biggen, terwijl de crypten gemiddeld 51 μm ($p < 0,001$) ondieper waren. De gemiddelde villus/crypte-ratio van de niet gespeende biggen was dus hoger dan die van de gespeende biggen die 5 dagen na spenen zijn gedood (2,3 versus 1,2; $p < 0,001$). De morfologie (villuslengte, cryptediepte en villus/crypte-ratio) van het duodenum van de niet gespeende biggen én van de gespeende biggen verschilde niet tussen beide sekses. Afgezien van een tendens ($p = 0,056$) tot diepere crypten in het duodenum van de matige eters op dag 5 na spenen, waren er geen verschillen in morfologie tussen de drie voeropname types. Uit tabel 3 blijkt eveneens dat de cumulatieve voeropname en groei van de biggen tot aan het moment van sectie, statistisch gezien niet beïnvloed zijn door sekse of voeropnametype. Toch was de cumulatieve voeropname en groei van de matige en goede eters ongeveer 40 procent hoger dan van de niet-eters. Ook de cumulatieve groei van de matige en goede eters was numeriek aanmerkelijk hoger dan die van de niet-eters.

3.4 Vetzuren en droge stof in het colon vóór en na spenen

In tabel 3 zijn eveneens de totale concentraties aan vluchtige vetzuren (azijnzuur, propionzuur, boterzuur, isoboterzuur, valeriaanzuur en isovaleriaanzuur) en droge stof in het colon van de gespeende en niet gespeende biggen weergegeven. Tevens is het aandeel vertakte vetzuren (branch chain volatile fatty acids: isoboterzuur, valeriaanzuur en isovaleriaanzuur) uitgedrukt als percentage van de totale vetzuurconcentratie weergegeven. De totale concentratie aan vluchtige vetzuren in het colon van de niet gespeende biggen was lager dan in het colon van de gespeende biggen (34,2 versus 81,2 mmol/kg; $p < 0,001$), terwijl het percentage vertakte vetzuren en het drogestofgehalte in het colon van de eerst genoemde groep hoger waren (respectievelijk 6,6 versus 4,0 %; $p < 0,001$ en 226 versus 133 g/kg; $p < 0,001$). Noch de vetzuurconcentraties vóór en na spenen, noch de drogestofgehaltenes vóór en na spenen zijn beïnvloed door sekse en voeropname type.

Tabel 3 Darmfysiologische kenmerken vóór en na spenen per sekse en voeropnametype

	Sekse			Voeropnametype ²			SEM ¹
	Beertje		Zeugje	Niet-etters		Goede eters	
Vlak vóór spenen							
Aantal biggen	25	22	16	16	15		
Villushoogte (µm)	430	745	430	469	460	19,0	
Cryptediepte (µm)	204	201	198	202	209	10,8	
Villus/crypte-ratio	2,2	2,4	2,2	2,4	2,3	0,15	
Tot, VFA (mmol/kg) ³	35,5	30,7	25,8	39,8	33,9	6,77	
BcVFA (%) ⁴	6,6	6,5	6,4	6,7	6,6	0,48	
Droge stof (g/kg)	234	218	220	233	224	13,6	
Dag 5 na spenen							
Aantal biggen	26	22	16	16	16		
Cumulative voeropname (g) ⁵	557	580	452	617	635	85,9	
Cumulative groei (g) ⁵	103	168	59	188	160	135,7	
Villushoogte (µm)	289	292	278	305	289	15,2	
Cryptediepte (µm)	247	253	225	266	258	11,4	
Villus/crypte-ratio	1,2	1,2	1,3	1,1	1,1	0,07	
Tot, VFA (mmol/kg)	78,1	81,8	73,7	87,7	78,5	7,57	
BcVFA (%)	4,0	4,1	4,4	4,3	3,6	0,63	
Droge stof (g/kg)	136	136	132	148	129	15,7	

¹ SEM = gepoolde standaard error van het gemiddelde (geeft een indicatie van de nauwkeurigheid van de schatting van de gemeten variabele).

² Vanaf een leeftijd van gemiddeld 11 dagen tot aan spenen (dag 28) zijn alle biggen bijgevoerd met een melkkorrel die 1% chroomoxide bevatte.

Een groene kleur van de mest, veroorzaakt door chroomoxide, gaf aan dat een big voer had opgenomen. Biggen waarvan de mest driemaal als "groen" werd beoordeeld, beschouwden we als "goede eters". Biggen waarvan de mest nooit een groene kleur had, zagen we als "niet-etters". Biggen waarvan de mest slechts een of twee keer een groene kleur vertoonde, zijn beschouwd als "matige eters".

³ Tot, VFA = de som van de concentraties aan azijnzuur, propionzuur, boterzuur, isoboterzuur, valeriaanzuur en isovaleriaanzuur in mmol per kg chymus.

⁴ BcVFA = de som van de concentraties aan isoboterzuur, valeriaanzuur en isovaleriaanzuur (branch chain volatile fatty acids). Hogere gehalten aan BcVFA vormen een indicatie voor meer microbiële afbraak van eiwit.

⁵ Cumulative voeropname en groei zijn berekend vanaf spenen tot en met het moment van sectie (dag 5 na spenen).

^{a,b} Gemiddelden met een verschillende letter binnen een rij én binnen een proeffactor zijn verschillend ($p < 0,05$).

4 Discussie

Variatie in de voeropname vóór spenen

In overeenstemming met eerdere studies (Okai et al., 1976; Barnett et al., 1989; Pajor et al., 1991; Bruininx et al., 2002) was ook in de huidige studie aanzienlijke variatie in de voeropname tussen de tomen. Indien we aannemen dat de frequentie van het voorkomen van groene mest een indicator is van de individuele opname van voer tijdens de zoogperiode, kunnen we concluderen dat ook binnen tomen aanzienlijke variatie in voeropname is. Deze bevinding komt overeen met onze eerdere studie met chroomoxide als een indicator van voeropname tijdens de zoogperiode (Bruininx et al., 2002). In de literatuur worden twee verklaringen genoemd voor deze grote variatie in voeropname tijdens zoogperiode. De eerste verklaring is dat biggen tijdens de zoogperiode meer voer opnemen naarmate hun maagdarmkanaal beter ontwikkeld is. Een beter ontwikkeld maagdarmkanaal stelt deze biggen beter in staat om het voer al op jonge leeftijd te kunnen verteren (Aumaitre, 1972). Hierbij wordt ervan uitgegaan dat het maagdarmkanaal van grotere en snel groeiende dieren beter ontwikkeld is dan van kleinere leeftijdsgenoten. Een en ander betekent dat grotere biggen tijdens de zoogperiode meer voer opnemen dan de kleinere biggen (Pajor et al., 1991). Volgens de andere verklaring nemen biggen tijdens de zoogperiode voer op ter compensatie van te lage opnames van melk (Algers et al., 1990). Dit betekent dat met name de kleinere biggen voer opnemen tijdens de zoogperiode. De resultaten van de huidige studie ondersteunen echter geen van beide verklaringen. De voeropname tijdens de zoogperiode was immers niet gerelateerd aan het lichaamsgewicht. Het gedrag van dieren biedt mogelijk een andere verklaring voor de variatie van de voeropname tijdens de zoogperiode. Meerdere studies hebben inmiddels al aangetoond dat bij varkens die onder praktijkomstandigheden worden gehuisvest een aanzienlijke variatie in gedragspatronen bestaat (Hessing et al., 1994; Forkman et al., 1995). Ruis (2001) suggereert dat deze variatie bepaald is door fundamentele verschillen in de manier waarop de dieren omgaan met stressoren. Dit kan betekenen dat de reactie van een individuele big op de introductie van een onbekend substraat (vast voer tijdens de zoogperiode) meer gerelateerd is aan de individuele gedragskenmerken van een big dan aan het lichaamsgewicht. In de huidige studie zijn de biggen voorafgaand aan de introductie van vast voer tijdens de zoogperiode niet geëvalueerd naar gedragskenmerken.

Voeropname en darmfysiologie vóór spenen

De opname van voer tijdens de zoogperiode had in deze studie geen effect op villushoogte en cryptediepte net vóór spenen. Ook Nabuurs et al. (1991) vonden geen effecten van de opname van vast voer tijdens de zoogperiode op de hoogte van de villi vlak vóór spenen, terwijl de crypten in de darm van deze biggen wel dieper waren. Omdat de verteerbaarheid van het melkkorreltje, dat de dieren tijdens de zoogperiode kregen, lager was dan de verteerbaarheid van zeugenmelk, werd verwacht dat de opname van dit voer zou leiden tot meer onverteerd materiaal in de dikke darm (Etheridge et al., 1984). Dit materiaal kan vervolgens dienen als substraat voor fermentatieve omzettingen door micro-organismen, waarbij vluchtige vetzuren worden gevormd. De hoeveelheid van deze vetzuren hangt onder meer af van de hoeveelheid beschikbaar substraat (Van Beers-Schreurs et al., 1998). Een hogere voeropname tijdens de zoogperiode moet dus leiden tot een hogere concentratie aan vluchtige vetzuren. Dit blijkt in de huidige studie niet het geval te zijn, althans niet statistisch aantoonbaar. Samengevat kunnen we dus stellen dat de opname van vast voer geen effect heeft op de morfologie van de dunne darm en evenmin op de microbiële activiteit in het colon van biggen tijdens de zoogperiode.

Voeropname vóór spenen en darmfysiologie daarna

In tegenstelling tot onze eerdere studie (Bruininx et al., 2002) had de opname van vast voer nu geen invloed op het op gang komen van de voeropname (latentietijd). Niettemin, gezien de hogere voeropname en groei van de goede eters, geven de huidige resultaten ook aan dat voeropname tijdens de zoogperiode de voeropname en groei na spenen stimuleert. Verscheidene studies hebben aangetoond dat de aanwezigheid van nutriënten op darmniveau vereist is voor het behoud van de bouw en functie van de darm (Kelly et al., 1992; Pluske et al., 1996a,b). Aangezien voeropname vóór spenen de voeropname na spenen en daarmee het aanbod van nutriënten op darmniveau stimuleert, hadden we verwacht dat dit zou resulteren in minder darmschade op dag 5 na spenen. Uit de resultaten van dit experiment blijkt echter dat ondanks de verhoogde voeropname na spenen de hoogte van de villi in de dunne darm niet beïnvloed is door de opname van vast voer vóór spenen. Het lijkt er dus op dat de stimulans van voeropname vóór spenen op de voeropname na spenen niet voldoende is geweest om villusatrofie (deels) te voorkomen. Deze bevindingen zijn niet in overeenstemming met die van Nabuurs et al. (1991). Zij concludeerden dat het bijvoeren tijdens de zoogperiode op dag 4 na spenen resulteert in langere villi dan op de dag van spenen zelf. Genoemde auteurs gebruikten in die studie het tijdelijk spenen ter verhoging van de voeropname van voer tijdens de zoogperiode. De voeropnameniveaus vóór en na spenen worden echter niet

vermeld door Nabuurs et al. (1991). In tegenstelling tot villushoogte is de diepte van de crypten in de huidige studie wel beïnvloed, zij het in lichte mate ($p = 0,06$). De crypten in de dunne darm van de matige eters waren dieper dan die van de niet-eters, terwijl de cryptediepte van de goede eters hier tussenin lag. Het is bekend dat het proces van herstel van de villusatrofie begint vanaf 5 tot 8 dagen na spenen (Miller et al., 1986; Vera et al., 1988). Dit herstel manifesteert zich als eerste in de crypten waar de celdelingsactiviteit hoger wordt, wat resulteert in diepere crypten (Goodlad and Wright, 1984). Mogelijk vormen de diepere crypten van de matige en goede eters op dag 5 na spenen een indicatie voor herstel van de villi, terwijl dit bij de niet-eters nog niet het geval is.

Hoewel in de huidige studie geen effect was van voeropname tijdens de zoogperiode op de morfologie van de dunne darm na spenen, was de groei van de totale groep van goede eters (gedode en niet gedode biggen) hoger dan die van de niet-eters. Ondanks het ontbreken van verschillen in morfologie op 5 dagen na spenen, waren de goede eters dus in staat om de hogere voeropname na spenen te benutten, wat resulteerde in de hogere groei. Van Beers-Schreurs (1996) suggereert dat de vluchtige vetzuren in de dikke darm van gespeende biggen als een energiebron kunnen fungeren en daarmee mogelijk compenseren voor de verminderde functie van de dunne darm direct na spenen. In de huidige studie zijn echter geen statistisch aantoonbare verschillen gevonden in de concentraties aan vluchtige vetzuren in het colon van de drie proefgroepen. Verrassend was wel dat gemiddeld over alle drie de proefgroepen heen, ongeveer 35% van de variatie in cumulatieve groei van spenen tot aan sectie, verklaard wordt door de variatie in de totale concentratie aan vetzuren in het colon ($p < 0,001$). Mogelijk resulteert een verhoogde voeropname vlak na spenen in een verhoogde vetzuurconcentratie in het colon die vervolgens een energiebron vormt voor de gespeende big. Anderzijds is het mogelijk dat deze wiskundige relatie tussen vetzuurconcentratie en groei geen biologische betekenis heeft.

5 Betekenis voor de praktijk

Uit het onderzoek blijkt dat biggen die tijdens de zoogperiode voer opnemen na spenen meer voer opnemen en sneller groeien dan biggen die dat niet doen. Het verstrekken van voer tijdens de zoogperiode is dus aan te bevelen. De verhoging van de voeropname na spenen door de opname van voer vóór het spenen is echter (nog) onvoldoende om de darmschade te voorkomen die typisch is voor gespeende biggen en die bijdraagt aan het ontstaan van speenproblemen, zoals diarree en uitval.

Literatuur

- Algers, B., P. Jensen, and L. Steinwall. 1990. *Behaviour and weight changes at weaning and regrouping of pigs in relation to teat quality*. Appl. Anim. Behav. Sci., 26: 143-155.
- Aumaitre, A. 1972. *Development of enzyme activity in the digestive tract of the suckling pig: nutrition significance and implications for weaning*. World Rev. Anim. Prod. 8: 54-68.
- Barnett, K.L. , E.T, Kornegay, C.R. Risley, M.D. Lindemann, and G.G. Schurig. 1989. *Characterization of creep feed consumption and its subsequent effects on immune response, scouring index and performance of weanling pigs*. J. Anim. Sci.67:2698-2708.
- Bruininx, E.M.A.M., J.W.G.M. Swinkels, H.K. Parmentier, C.W.J. Jetten, J.L. Gentry and J.W. Schrama. 2000. *Effects of an additional iron injection on growth and humoral immunity of weanling pigs*. Livest. Prod. Sci., 67:31-39.
- Bruininx, E.M.A.M., C.M.C. van der Peet-Schwering, J.W. Schrama, L.A. Den Hartog, H. Everts, and A.C. Beynen. 2001a. *The IVOG[®] feeding station: a tool for monitoring the individual feed intake of group-housed weanling pigs*. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 85:81-87.
- Bruininx, E.M.A.M., C.M.C. van der Peet-Schwering, J.W. Schrama, P.F.G. Vereijken, P.C. Vesseur, H. Everts, L.A. den Hartog, and A.C. Beynen. 2001b. *Individually measured feed intake characteristics and growth performance of group-housed weanling pigs: effects of sex, initial body weight, and body weight distribution within groups*. J. Anim. Sci. 79:301-308.
- Bruininx, E.M.A.M., G.P. Binnendijk, C.M.C. van der Peet-Schwering, J.W. Schrama, L.A. den Hartog, H. Everts, and A.C. Beynen. 2002. *Effect of creep feed consumption on individual feed intake characteristics and performance of group housed weanling pigs*. J. Anim. Sci. 80: 1413-1418.
- Cera, K.R., D.C. Mahan, R.F. Cross, G.A. Reinhart, R.E. Whitmoyer. 1988. *Effect of age, weaning, and post-weaning diet on small intestinal growth and jejunal morphology in young swine*. J. Anim. Sci. 66: 574-584.
- CVB., 2000. *Veevoedertabel*. Centraal Veevoederbureau, Lelystad.
- Etheridge, R.D., R.W. Seerley, R.D. Wyatt. 1984. *The effect of diet on performance, digestibility, blood composition and intestinal microflora of weaned pigs*. J. Anim. Sci. 58: 1396-1402.
- Forkman, B., I.L. Furuhaug, P. Jensen. 1995. *Personality, coping patterns, and aggression in piglets*. Appl. Anim. Behav. Sci. 45: 31-42.
- Fukuyasu T. and T. Oshida. 1986. Use of Neosugar in piglets. Proc. Third Neosugar Res. Conf. pp. 1-18 (translation).
- Goodlad, R.A. and N.A. Wright. 1984. *The effects of starvation and refeeding on intestinal cell proliferation in the mouse*. Virchows Arch (Cell Pathology) 46: 63-73.
- Hampson, D.J. 1986. *Alterations in piglet small intestinal structure at weaning*. Res. Vet. Sci. 40:32-40.
- Hessing, M.J.C. 1994. *Individual behavioural characteristics in pigs and their consequences for pig husbandry*. Ph.D. Thesis, Department of Animal Husbandry, Section Ethology, Agricultural University, Wageningen, The Netherlands.
- Houdijk, J. 1998. *Effects of non-digestible oligosaccharides in young pig diets*. PhD. Thesis, Wageningen Agricultural University, Department of Animal Sciences, Animal Nutrition Group, Wageningen Institute of Animal Sciences, Wageningen, The Netherlands.
- Kalbfleisch, J.D. and R.L. Prentice. 1980. *The statistical analysis of failure time data*. John Wiley and Sons, New York.

- Kelly, D., J.A. Smyth, K.J. McCracken. 1991. *Digestive development in the early-weaned pig*. 1. Effect of continuous nutrient supply on the development of the digestive tract and on changes in digestive enzyme activity during the first week post-weaning. *Br. J. Nutr.* 65: 169-180.
- Le Dividich, J. and P. Herpin. 1994. *Effects of climatic conditions on the performance, metabolism and health status of weaned pigs: A review*. *Livest. Prod. Sci.* 38:79-90.
- Makkink, C.A. 1993. *Of pigs, dietary proteins, and pancreatic proteases*. Ph.D. thesis. Department of Animal Nutrition, Wageningen Agricultural University, The Netherlands.
- Miller, B.G., P.S. James, M. W. Smith, F.J. Bourne. 1986. *Effect of weaning on the capacity of pig intestinal villi to digest and absorb nutrients*. *J. Agric. Sci. Camb.* 107:579-589.
- Nabuurs, M.J.A. 1991. *Etiologic and pathogenic studies on post-weaning diarrhea*. Ph.D. Thesis, Faculty of Veterinary Medicine, Utrecht University, The Netherlands.
- Okai, D.B., F.X. Aherne, E.T. Hardin. 1976. *Effect of creep and starter composition on feed intake and performance of young pigs*. *Can. J. Anim. Sci.* 56: 573-586.
- Pajor, E.A., D. Fraser, and D.L. Kramer. 1991. *Consumption of solid food by suckling pigs: individual variation and relation to weight gain*. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 32:139-155.
- Pluske, J.R., I.H. Williams, and F.X. Aherne. 1995. *Nutrition of the neonatal pig*. In: M. A. Varley (Ed.) *The neonatal pig: development and survival*. pp. 187-235. CAB International, Wallingford, U.K.
- Pluske, J.R., I.H. Williams and F.X. Aherne. 1996a. *Maintenance of villous height and crypt depth in piglets by providing continuous nutrition after weaning*. *Anim. Sci.* 62: 131-144.
- Pluske, J.R., I.H. Williams and F.X. Aherne. 1996b. *Villous height and crypt depth in piglets in response to increases in the intake of cows' milk after weaning*. *Anim. Sci.* 62: 145-158.
- Rasmussen, H.S., K. Holtug, and P.B. Mortensen. 1988. *Degradation of amino acids to short-chain fatty acids in humans*. An in vitro study. *Scand. J. Gastroenterol.* 23:178-182.
- Ruis, M.A.W. 2001. *Social stress as a source of reduced welfare in pigs*. Ph.D. thesis. Department of Animal Physiology, Graduate School for Behavioral and Cognitive Neurosciences, University of Groningen, The Netherlands.
- Schutte, J.B., J. de Jong, E.J. van Weerden, and S. Tamminga. 1992. *Nutritional implications of L-arabinose in pigs*. *Br. J. Nutr.* 68:195-207.
- Van Beers-Schreurs, H.M.G. 1996. *The changes in the function of the large intestine of the weaned pig*. Ph.D Thesis, Faculty of Veterinary Medicine, Utrecht University, The Netherlands.
- Van Beers-Schreurs, H.M.G., M.J.A. Nabuurs, L. Vellenga, Th. Wensing, H.J. Breukink. 1998. *Role of the large intestine in the pathogenesis of diarrhea in weaned pigs*. *J. Nutr.* 59:696-703.

Bijlagen

Bijlage 1

Berekende grondstoffensamenstelling en geanalyseerde chemische samenstelling van het speenvoer (g/kg)

	Speenvoer
Berekend	
Gerst	300
Tarwe	150
Maïs	150
Weipoeder (melksuiker arm)	124
Sojaschroot	60
Sojabonen (getoast)	90
Tapioca	34,5
Lijnschilfers	14
Vismeel	30
Mengvet	12,5
Krijt	1,5
Melasse	10
Fytase premix	0,5
Lysine	3,0
Methionine	2,9
Threonine	6,7
Tryptofaan	5,2
Vitaminen- + mineralenpremix ^a	5
EW ^b	1,12
Geanalyseerd	
Droge stof	888
Ruw eiwit	176
Ruw vet	48
Ruwe celstof	28
As	65

^a De premix bevatte per kg speenvoer: vitamine A, 12000 IE; vitamine D3 1800 IE; folinezuur, 0,3 mg; vitamine B12, 17,5 µg; vitamine B3, 10 mg; vitamine E, 30 IE; biotine, 0,05 mg; vitamine K3, 0,5 mg; niacine, 20 mg; vitamine B2, 3,5 mg; choline, 0,5 g; vitamine B6, 1,5 mg; vitamine B1, 1 mg; cobalt, 0,15 mg; koper, 15 mg; ijzer, 100 mg; zink, 65 mg, jodium, 0,45 mg, selenium, 0,25 mg.

^b Berekend met behulp van de veevoedertabel (CVB, 2000).