

Het effect van HumVi op de productieprestaties en mestconsistentie van gespeende biggen: een pilotproef

Proefverslag

nr.

Januari 2013

Auteur:

M. van Oostrum MSc

X. Benthem de Grave MSc

Proefverslag: nr.

Het effect van HumVi op de productieprestaties en mestconsistentie van gespeende biggen: een pilotproef

(proef VOH-52, projectcode VA12-25)

Opdrachtgever
Vitens
Reactorweg 47
3542 AD Utrecht

Trefwoorden: Gespeende biggen, humuszuren, darmgezondheid

Auteur:
M. van Oostrum MSc
X. Benthem de Grave MSc

Inhoudsopgave

Samenvatting	4
Inleiding	5
Proefdoel	5
Materiaal en Methoden	6
Proefopzet	6
Dieren en huisvesting	6
Testproduct	6
Voeders en voerverstrekking	6
Proefmetingen	7
Statistische analyse	7
Resultaten	9
Samenstelling proefvoeders	9
Proefverloop en medische behandelingen	9
Dierprestaties (groei, voeropname, VC) en mestconsistentie	9
Discussie	12
Conclusies	14
Literatuurlijst	15

Samenvatting

Het effect van het toevoegen van HumVi aan het voer van gespeende biggen op de productieprestaties en gezondheid werd onderzocht in een pilotproef. Het testproduct bevatte \pm 50% humuszuren en fulvinezuren. Het experiment werd uitgevoerd met twee behandelingen en vijf herhalingen per behandelingen. De behandelingen waren: T1 controle (basisvoer) en T2 controle + 1,5% HumVi (gedroogd product). HumVi werd uitgewisseld tegen gerst, zout en natriumbicarbonaat vanwege het hoge natriumgehalte in het testproduct.

De biggen werden gehuisvest in een afdeling van de biggenfaciliteiten van SFR, die 10 hokken (2.00 x 1.13 m) bevatte met een gedeeltelijke roostervloer. Ieder hok bevatte 6 biggen. De temperatuur in de afdeling was aangepast aan de leeftijd van de dieren. De proefperiode startte op het moment van spenen tot vier weken na spenen. Direct na spenen werden de experimentele voeders verstrekt. Gedurende het gehele experiment werd één voersoort gevoerd. De experimentele voeders en fris drinkwater waren *ad libitum* beschikbaar gedurende de experimentele periode. De voeders werden geanalyseerd om de belangrijkste nutriëntgehalten te bepalen.

Hokgewicht werd bepaald op de dag van spenen (dag 0), op dag 14 en dag 28. De voeropname werd bepaald gedurende de eerste twee weken en gedurende week 3 en 4. Gemiddelde groei per dag, voeropname per dag en voederconversie werden vervolgens berekend. Mestconsistentie werd tweemaal per week gescoord per hok op een schaal van 1-10; 1= dunne mest, 6= optimale consistentie, 10= harde, droge mest.

In totaal zijn 60 biggen (Tempo x (Great Yorkshire_z x Fins Landras) opgelegd met een gemiddelde leeftijd van 25,8 dagen en een lichaamsgewicht van 7,6 kg. Tijdens de proefperiode van vier weken werd een gemiddelde groei van 412 g/d, een voeropname van 576 g/d en een VC van 1.40 gerealiseerd. Zowel in de eerste twee weken als in week drie en vier na spenen werd een bijna significant hogere voeropname gerealiseerd door de biggen die het voer met toevoeging van 1,5% HumVi verstrekt kregen. Hierdoor verbeterde de groei van de dieren, terwijl de voederconversie nagenoeg gelijk bleef. Over de gehele proefperiode werd een significant hogere voeropname (7.0%) gevonden bij het toevoegen van 1,5% HumVi en een bijna significant hogere groei (8.1%), terwijl de voederconversie numeriek daalde (1.4%). Het eindgewicht van de biggen in de behandeling met 1,5% HumVi was 4.3% hoger dan het eindgewicht van de controle behandeling. De mestscore was numeriek verbeterd door toevoeging van 1,5% HumVi dat een indicatie is van een verbeterde darmgezondheid. Het aantal medische behandelingen in de proef was echter zeer laag. Hierdoor kan geen conclusie worden getrokken over het effect van HumVi op de gezondheid van de biggen.

Concluderend kan gesteld worden dat het toevoegen van 1,5% HumVi aan biggenvoer tijdens de eerste vier weken na spenen resulteerde in een verbetering van de productieprestaties.

Inleiding

De speenperiode is een stressvolle periode voor biggen, die gepaard gaat met veel veranderingen onder andere het gescheiden worden van de zeug, het in aanraking komen met onbekende soortgenoten en de overgang van vloeibaar naar vast voer. Over het algemeen is de overgang voor biggen van vloeibaar voer (zeugenmelk) naar vast voer abrupt, waardoor de voeropname sterk daalt in de eerste dagen na spenen (Pluske et al., 1997; Spreeuwenberg et al., 2001). Door stress en de lage voeropname ontstaan beschadigingen in de darmen, waardoor de vertering- en absorptiecapaciteit van de darmen afnemen. Dit resulteert in een afname van de darmgezondheid en het ontstaan van maag-darmstoornissen bij gespeende biggen.

Om de darmgezondheid in deze periode te verbeteren, kunnen grondstoffen aan het voer worden toegevoegd die de darmgezondheid van biggen stimuleren. Een van deze grondstoffen zijn humuszuren en fulvinezuren. Humuszuren en fulvinezuren (in het vervolg humuszuren genoemd) komen onder andere voor in de humuslaag van veen en turf en worden gevormd bij de afbraak van plantaardig materiaal. Het exacte werkingsmechanisme van humuszuren is niet duidelijk. In de literatuur worden verschillende werkingsmechanismen genoemd, zoals het vormen van een beschermende laag op de mucosa in de darm, waardoor de aanhechting van pathogenen wordt verminderd (Islam et al., 2005; Van Krimpen et al., 2001), een ontstekingsremmend effect (Jansen van Rensburg, 2005; Van Krimpen et al., 2001), het binden van zware metalen door het hoge adsorptievermogen (Jansen van Rensburg, 2005; Van Krimpen et al., 2001) en het beïnvloeden van het eiwit- en koolhydraatmetabolisme in bacteriën (Wang et al., 2008).

Verschillende onderzoeken zijn uitgevoerd naar het effect van humuszuren op de darmgezondheid en de productieprestaties van biggen en vleesvarkens, maar ook vleeskuikens en kalveren (Islam et al., 2005; Van Krimpen et al., 2001; Wang et al., 2008). Echter, de resultaten zijn inconsistent, wat verklaard kan worden door het gebruik van verschillende humuszuurproducten die bestaan uit ongezuiverde humuszuren. Om meer inzicht te krijgen in het werkingsmechanisme zijn studies noodzakelijk waarin zuivere producten worden gebruikt.

Vitens beschikt over een humuszuurproduct, HumVi, dat als een bijproduct van de waterwinning in veengebieden ontstaat. HumVi is een zuiver humuszuurproduct dat uit humuszuren, fulvinezuren en mineralen bestaat. In deze pilotproef wordt het effect van HumVi op de productieprestaties en mestconsistentie van gespeende biggen getest.

Proefdoel

Het doel van deze proef is te onderzoeken wat het effect is van de toevoeging van HumVi aan biggenvoer op de productieprestaties en mestconsistentie van gespeende biggen.

Materiaal en Methoden

Proefopzet

De proef werd uitgevoerd in de periode van 8 november tot 6 december 2012. De proef werd uitgevoerd met biggen vanaf spenen tot vier weken na spenen. De biggen werden ingedeeld in twee behandelingen. Per behandeling werden vijf herhalingen (hokken) van zes biggen per hok opgelegd. De biggen werden ingedeeld op basis van lichaamsgewicht, sekse en afkomst. De biggen kregen gedurende de gehele proefperiode één voer verstrekt. De experimentele voeders werden samengesteld volgens de SFR adviezen. De behandelingen en voeders worden weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1. Experimentele behandelingen en proefvoeders

Beh.	Omschrijving	Voersoort
1.	Controle	A
2.	Controle + 1,5% HumVi	B

Dieren en huisvesting

In totaal zijn 60 biggen (Tempo x (Great Yorkshire_z x Fins Landras)) ingezet in dit experiment. Bij aanvang van het experiment, op de dag van spenen, waren de biggen gemiddeld 25,8 dagen oud en hadden ze een gemiddeld lichaamsgewicht van 7,6 kg. De biggen werden gehuisvest op de biggenbatterij met zes biggen per hok. De hokken (2,00 x 1,13 m) bestonden uit gedeeltelijk betonnen vloeren en gedeeltelijk metalen roostervloeren in een klimaat gecontroleerde afdeling.

Testproduct

Het testproduct was een ingedroogde batch van HumVi 5%. De HumVi bevatte 49% humuszuren en fulvinezuren, de actieve stoffen in HumVi. Daarnaast bevat HumVi mineralen, waaronder 18% Na en 15% Cl.

Voeders en voerverstrekking

De proefvoeders werden samengesteld volgens de SFR adviesnormen voor speenvoer. De voeders voor beide behandelingen waren gelijk. HumVi werd uitgewisseld tegen gerst, zout en natriumbicarbonaat. Op deze manier werd voor het natriumgehalte in HumVi gecorrigeerd. De samenstellingen van de experimentele voeders zijn weergegeven in Tabel 2. De voeders werden geproduceerd door Arkervaart-Twente, locatie Leusden. De voeders

werden gepelleteerd en hadden een diameter van 3 mm. De voeders werden als zakgoed getransporteerd naar SFR. Tijdens de productie van de voeders werden monsters genomen voor analyse van vocht, ruw eiwit, ruw vet, as en ruwe celstof en werden monsters genomen voor opslag. De biggen hadden tijdens de proef onbeperkt toegang tot het voer en drinkwater.

Proefmetingen

De volgende metingen werden bij de biggen uitgevoerd:

- Gewicht per hok op dag 0, 14 en 28 na spenen.
- Voeropname per hok over de perioden dag 0-14, dag 14-28 en dag 0-28.
- Groei en VC werden vervolgens berekend voor de perioden beschreven bij voeropname.
- Mestconsistentie werd tweemaal per week bepaald op een schaal van 1 tot 10, waarbij score 1 werd gegeven bij zeer dunne, vloeibare mest en een score 10 bij harde, droge mest.
- Gezondheidsproblemen en medische behandelingen werden per individuele big geregistreerd.

Statistische analyse

De proefresultaten zijn geanalyseerd met behulp van variantieanalyse (Genstat, 14^e versie) met hok als experimentele eenheid. Het volgende model werd gebruikt:

$$Y_{ijk} = \mu + \text{herhaling}_i + \text{behandeling}_j + e_{ijk}$$

Waarin:

- Y_{ijk} : responsparameters
- Herhaling_i : herhaling ($i= 1, \dots, 5$)
- Behandeling_j : behandeling ($j= 1, 2$)
- e_{ijk} : standaard afwijking

Behandelingseffecten werden als significant beschouwd als $P < 0.05$ en als trend als $0.05 \leq P < 0.10$.

Tabel 2. Samenstellingen van de experimentele voeders

Voercode	A	B
Ingrediënten (%)		
HumVi	-	1.50
Gerst	31.04	30.29
Mais	13.76	13.76
Tarwe	10.00	10.00
Haverhout	10.00	10.00
Weivetkern	10.00	10.00
Aardappelwit (Prostar)	5.91	5.91
Soja eiwitconcentraat	5.10	5.10
Sojaschroot. hipro	4.90	4.90
Koper premix	1.75	1.75
Krijt	1.18	1.18
Rietmelasse	1.00	1.00
Water	1.00	1.00
Dierlijk vet	0.96	0.96
Monocalciumfosfaat	0.80	0.80
Natriumbicarbonaat	0.51	-
Lys+Trp	0.49	0.49
Fytase	0.48	0.48
Vitamine / mineralen premix	0.40	0.40
Zout	0.24	-
Lysine-HC	0.23	0.23
Methionine-HC	0.19	0.19
Threonine-HC	0.10	0.10
Totaal	100,00	100,00
Berekende nutriënten (g/kg)		
Vocht	119	
Ruw eiwit	183.6	
Ruw vet	50.3	
Ruwe celstof	25.1	
As	53.8	
EW	115.4	
Ca	7.28	
vP	3.75	
Na	3.10	
K	7.47	
Cl	4.59	
Dv lysine	11.1	
Dv methionine	3.8	
Dv M+C	6.4	
Dv threonine	6.7	
Dv tryptofaan	2.1	

Resultaten

Samenstelling proefvoerders

De proefvoerders zijn in een charge geproduceerd en vervolgens geanalyseerd. De berekende en de bepaalde samenstelling worden weergegeven in Tabel 3. De geanalyseerde waarden kwamen goed overeen met de berekende waarden. Het eiwitgehalte was in beide voeders iets lager dan berekend door het lagere vochtgehalte.

Tabel 3. Berekende en bepaalde nutriëntgehalten in de experimentele voeders

Nutriënten (g/kg)	Proefvoerders			
	A		B	
	Ber.	Bep.	Ber.	Bep.
Vocht	119	114	119	114
Ruw as	54	51	54	51
Ruw eiwit	184	179	184	180
Ruw vet	50	50	50	49
Ruwe celstof	25	25	25	24

Proefverloop en medische behandelingen

De proef is goed verlopen. In totaal zijn 60 biggen opgelegd waarvan 3 biggen medisch zijn behandeld. Medische behandelingen werden uitgevoerd vanwege longontsteking (n=1), zwakte (n=1) en diarree (n=1). De medische behandelingen per proefbehandeling zijn weergegeven in Tabel 4. Het aantal medische behandelingen was niet gerelateerd aan de voerbehandeling.

Tabel 4. Medische behandelingen per proefgroep

	Behandelingen		Totaal
	1	2	
	Controle	Controle + 1.5% HumVi	
Diarree		1	1
Longontsteking	1		1
Dor, slap (zwakte)	1		1
Totaal	2	1	3

Dierprestaties (groei, voeropname, VC) en mestconsistentie

Tijdens de proefperiode van vier weken werd een gemiddelde groei van 412 g/d, een voeropname van 576 g/d en een VC van 1,40 gerealiseerd. De prestaties van de biggen zijn in Tabel 5 weergegeven voor de eerste twee weken, week 3 en 4, en de gehele proefperiode van de eerste vier weken na spenen.

Tabel 5. Prestaties (groei, voeropname, voederconversie (VC)) en mestconsistentie

	Behandeling		KSV	P-waarde
	1 Controle	2 Controle + 1,5% HumVi		
Startgewicht (kg)	7.6	7.6		
Dag 0-14				
Groei (g/d)	262	292	34.50	0.076
Voeropname (g/d)	340	375	39.66	0.071
VC	1.30	1.29	0.058	0.559
Mestscore ¹	5.3	5.4	0.847	0.839
Dag 14-28				
Groei (g/d)	529	564	49.72	0.121
Voeropname (g/d)	773	817	38.10	0.032
VC	1.46	1.45	0.078	0.684
Mestscore ¹	5.0	5.2	0.405	0.242
Dag 0-28				
Groei (g/d)	396	428	37.41	0.075
Voeropname (g/d)	556	595	34.56	0.035
VC	1.41	1.39	0.065	0.587
Mestscore ¹	5.1	5.3	0.339	0.309
Eindgewicht (kg)	18.7	19.5	0.96	0.072

¹ Mestconsistentie werd bepaald op een schaal van 1 tot 10, waarbij score 1 werd gegeven bij zeer dunne, vloeibare mest, 6 als optimale score werd gezien en een score 10 bij harde, droge mest werd gegeven. ^{xy} verschillende superscripten in een rij geven een trend naar een significant verschil aan.

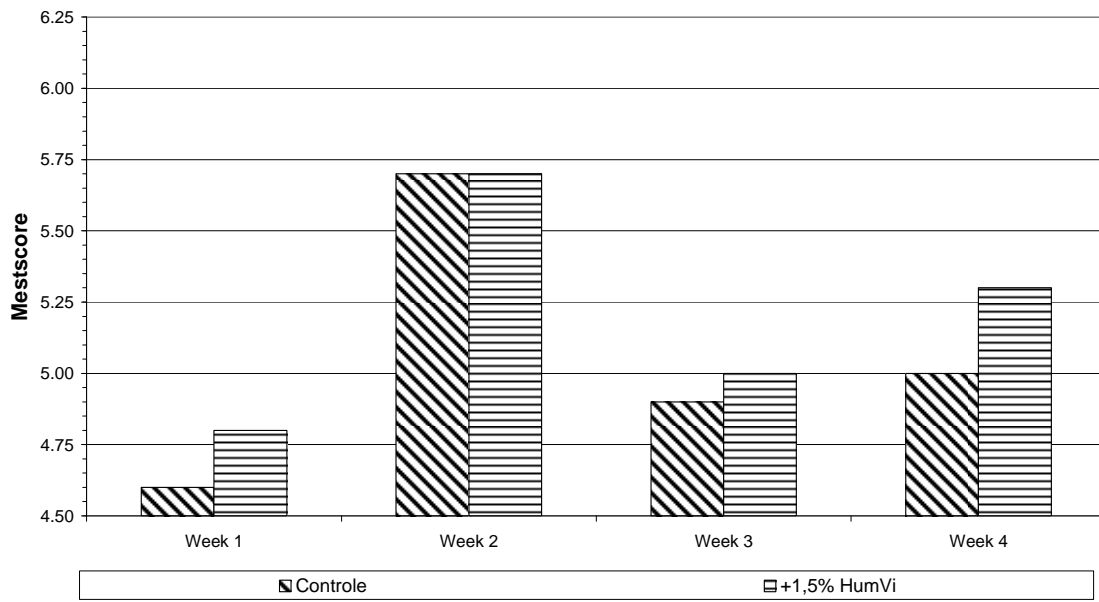
In de eerste twee weken na spenen resulteerde de toevoeging van 1,5% HumVi aan het speenvoer in een verhoging (P=0.076) van de groei van 11.5% ten opzichte van de controle, wat verklaard werd door een hogere voeropname van 10.3% (P=0.071). De voederconversie was niet verschillend tussen de twee behandelingen.

In week 3 en 4 na spenen werd een significant hogere voeropname gerealiseerd door de biggen in de behandeling met 1,5% HumVi (P=0.032). De dieren hadden een 5.7% hogere voeropname. De groei van de biggen was hierdoor numeriek 6.6% hoger (P=0.121), terwijl de voederconversie gelijk bleef.

Over de gehele experimentele periode van de eerste vier weken na spenen werd een significant hogere voeropname (7.0%) gevonden bij het toevoegen van 1,5% HumVi en een bijna significant hogere groei (8.1%), terwijl de voederconversie numeriek daalde (1.4%).

Het eindgewicht van de biggen in de behandeling met 1,5% HumVi was 4.3% hoger dan het eindgewicht van de controle behandeling (P=0.072).

De ontwikkeling van de mestconsistentie gedurende de experimentele periode liet een normaal verloop zien. De mestconsistentie verschilde niet significant in de twee behandelingen. Numeriek werd in alle proefperiodes een hogere mestconsistentie gevonden in de behandeling met 1,5% HumVi.



Figuur 1. Mestscore per behandeling per week na spenen.

Discussie

Tijdens de speenperiode worden biggen blootgesteld aan verschillende veranderingen in de omgeving, die leiden tot een verminderde darmgezondheid en het risico op maagdarfstoornissen. Om de darmgezondheid van biggen rondom spenen te verbeteren kunnen additieven aan het voer worden toegevoegd. In de huidige pilotproef zijn humuszuren en fulvinezuren aan het voer toegevoegd.

Het toevoegen van 1,5% HumVi aan het voer had een positief effect op de voeropname van de biggen. Zowel in de eerste twee weken na spenen als in week 3 en 4 verhoogde de toevoeging van HumVi de voeropname. Dit resulteerde in een hogere groei van de biggen, terwijl de voederconversie op een gelijk niveau als de controle lag. Hoewel niet significant verschillend, leidde het toevoegen van HumVi daarnaast tot een verbetering van de mestconsistentie. Dit is een indicatie dat de darmgezondheid van de biggen verbeterd was ten opzichte van de controle. Het aantal medische behandelingen in de proef was echter zeer laag. Daarom kunnen geen harde conclusies worden getrokken wat betreft het effect van HumVi op de darmgezondheid van gespeende biggen.

Een goede voeropname in de eerste periode na spenen is een belangrijke factor voor een goede start van biggen. De darmschade die veelvuldig wordt geconstateerd bij biggen in de eerste weken na spenen wordt voor een belangrijk deel veroorzaakt door een lage voeropname in de eerste dagen na spenen (Pluske et al., 1997, Spreeuwenberg et al., 2001). De cellen van de darmwand zijn voor hun energievoorziening afhankelijk van nutriënten die in het darmlumen aanwezig zijn. De nutriëntenvoorziening via het bloed is voor darmcellen van minder belang. Bij een lage voeropname is de nutriëntenvoorziening voor de darmcellen onvoldoende. Hierdoor sterven darmcellen sneller en neemt de villus hoogte af. De absorptiecapaciteit van de darmcellen daalt hierdoor. De darmcellen spelen een belangrijke rol bij het de productie van enzymen, zowel productie door de darmcellen zelf (brush border enzymen) als productie van pancreasenzymen via hormonen (Kelly et al., 1991). Bij een afname van het aantal darmcellen, neemt de productie van enzymen ook af. Vertering en absorptie van nutriënten staat hierdoor onder druk. Wanneer de voeropname na een aantal dagen na spenen begint te stijgen, blijft de verteringscapaciteit achter wat leidt tot een relatief grote hoeveelheid onverteerde nutriënten in de dikke darm. Deze voerresten worden gefermenteerd door de microflora. Dit kan leiden tot een verschuiving van de samenstelling van de microflora, waarbij pathogene bacteriën als E.coli toe kunnen nemen. Deze bacteriën produceren toxines die de darmwand beschadigen en diarree veroorzaken. Een verbetering van de voeropname in de eerste periode na spenen kan dus een bijdrage leveren aan het verminderen van darmstoornissen bij biggen rondom spenen.

Verschillende onderzoeken zijn uitgevoerd naar het effect van humuszuren op de darmgezondheid en de productieprestaties van biggen. De resultaten zijn wisselend. Zo vonden

Van Krimpen et al. (2003) geen effect van een humuszuurproduct op de prestaties of de gezondheid van gespeende biggen. Aan de andere kant werden positieve resultaten gevonden op groei en voederconversie van biggen (Ji et al., 2006; Zhraly & Pisarikova, 2010). De verschillen tussen de experimenten kan verklaard worden door de gebruikte gehalten aan actieve stof in de voeders. In de experimenten waarin positieve effecten werden gevonden, werd een gehalte van 0.5-1.0% humuszuur gebruikt, terwijl in het experiment van Van Krimpen et al. (2003) een lagere concentratie van 0.05% werd toegevoegd. In de huidige proef werd 1,5% HumVi aan het voer toegevoegd. Het testproduct bevatte 49% humuszuren en fulvinezuren. Het gehalte aan actieve stof in het voer was daardoor 0.74%. Dit lijkt een goede dosering te zijn, maar aangezien slechts een niveau is getest, kan niet worden geconcludeerd of dit de optimale dosering is.

De humuszuren werden verkregen als bijproduct van de drinkwaterwinning in veengebieden. Tijdens het productieproces werden humuszuren met behulp van zouten (Na) aan het water onttrokken. Het verkregen product, HumVi, was hierdoor rijk aan natrium. Het natriumgehalte in het voer kan de voeropname van biggen beïnvloeden (Mahan et al., 1996, 1999). In een experiment waarin de Na niveaus varieerden van 1.8 g/kg tot 4.2 g/kg werd een verbetering gevonden van de productieprestaties tot een niveau van 3.4 g/kg. Een verdere verhoging had geen invloed op de prestaties. Het verhogen van het natriumgehalte had effect in de eerste twee weken na spenen, daarna werd geen effect gezien tot een niveau van 3.4 g/kg, terwijl een verdere toename (4.2 g/kg) leidde tot een verlaging van de voeropname en groei (Mahan et al., 1996).

Aangezien het natriumgehalte de prestaties van biggen kan beïnvloeden, werd in het proefvoer gecorrigeerd voor het natriumgehalte in HumVi door zout en natriumbicarbonaat uit het voer met de HumVi toevoeging weg te laten. Het natriumgehalte in het controlevoer en het voer met het testproduct was 3.1 g/kg. Dit is ligt binnen de range die door verschillende bronnen wordt geadviseerd voor biggenvoeders (NRC, 2012). Het aandeel natrium uit HumVi was 2.7 g/kg, uitgaande van een Na gehalte van 18% in HumVi. De overige 0.4 g/kg werd uit de grondstoffen verkregen. Het hoge natriumgehalte in het product kan problemen geven met het formuleren van biggenvoeders, wanneer voor een hoger inmengingspercentage wordt gekozen dan in de huidige proef is toegepast (1.5%).

Concluderend kan gesteld worden dat de toevoeging van HumVi een positief effect heeft gehad op de productieprestaties en mogelijk de darmgezondheid van gespeende biggen. Gezien de resultaten en de zuiverheid van het product is het raadzaam om het product verder te ontwikkelen en de optimale dosering van het product te bepalen.

Conclusies

Het toevoegen van 1,5% HumVi aan het voer van gespeende biggen verhoogde de voeropname en groei in zowel de eerste twee weken na spenen, als week 3 en 4 na spenen.

Literatuurlijst

- Islam, K.M.S., A. Schuhmacher, J.M., Gropp, 2005. Humic acid substances in animal agriculture. *Pakistan Journal of Nutrition* 4 (3): 126-134.
- Jansen van Rensburg, C., C.E.J., Van Rensburg, J.B.J. Van Ryssen, N.H. Caaey, G.E. Rottinghaus, 2006. In vitro and in vivo assessment of humic acid as an aflatoxin binder in broiler chickens. *Poultry Science* 85: 1576-1583.
- Ji, F., J.J. McGlone, S.W. Kim, 2006. Effects of dietary humic substances on pig growth performance, carcass characteristics, and ammonia emission. *Journal of Animal Science* 84: 2482-2490.
- Kelly, D., J.A. Smith, K.J.M. McCracken, 1991. Digestive development of the early-weaned pig. 2. Effect of level of food intake on digestive enzyme activity during the immediate post-weaning period. *British Journal of Nutrition* 65: 181-188.
- Mahan, D.C., E.A. Newton, K.R. Cera, 1996. Effect of supplemental sodium chloride, sodium phosphate or hydrochloric acid in starter pig diets containing dried whey. *Journal of Animal Science* 74:1217-1222.
- Mahan, D.C., T.D. Wiseman, E. Weaver, L. Russell, 1999. Effect of supplemental sodium chloride and hydrochloric acid added to initial starter diets containing spray-dried blood plasma and lactose on resulting performance and nitrogen digestibility of 3-week old weaned pigs. *Journal of Animal Science* 77:3016-3021.
- Pluske, J.R., D.J. Hampson, I.H. Williams, 1997. Factors influencing the structure and function of the small intestine in the weaned pig: A review. *Livest. Prod. Sci.* 51, 215-236.
- Spreeuwenberg, M.A.M., Verdonk, J.M.A.J., Gaskins, H.R., Verstegen, M.W.A., 2001. Small intestine epithelial barrier function is compromised in pigs with low feed intake at weaning. *Journal of Nutrition* 131: 1520-1527.
- Van Krimpen, M.M., J.G. Plagge, G.P. Binnendijk, A. ten Kleij, 2001. Humisolve® als alternatief voor een antimicrobiële groeibevorderaar in voer voor gespeende biggen. *Praktijkonderzoek Veehouderij rapport* 204.
- Wang, Q., Y.J. Chen, J.S. Yoo, H.J. Kim, J.H. Cho, I.H. Kim, 2008. Effects of supplemental humic substances on growth performance, blood characteristics and meat quality in finishing pigs. *Livestock Science* 117: 270-274.
- Zhraly, Z., B. Pisarikova, 2010. Effect of sodium humate on the content of trace elements in organs of weaned piglets. *Acta Vet. BRNO* 79: 73-79.