

**De calcium/opneembaar fosfor-verhouding in vleeskuikenvoeders in relatie tot de fosfor- en calciumbalans en de botontwikkeling bij variabele calcium-, fytaatfosfor- en fytasegehaltenes in het voer.**

**J.D. van der Klis en  
C.L.M. Gerritsen-Koolstra**

Spelderholt Uitgave no. 636

Instituut voor Dierhouderij en Diergezondheid  
(ID-DLO) - Lokatie Runderweg  
*DLO-Institute for Animal Science and Health*  
(ID-DLO) - Branch Runderweg

Tel. 0320 238238  
Fax 0320 237320

Postbus 65  
8200 AB Leijstadi

December 1995

Projectnummer : 200.45006.03 (voorheen 1039.01)  
Projectleider : Dr.ir. J.D. van der Klis  
Assistent onderzoeker : C.L.M. Gerritsen-Koolstra  
C. Kwakemaak  
Overige medewerkers : A. Beutler  
A.J.N. Bisalsky  
H.A. Goedhart  
F.A. Hendricks  
W. Jacobsen  
B. van der Kamp  
P.H. Kleinpenning  
M.J.A. van Kooten  
J.J. van het Loo  
H. Steunenberg  
H.A.J. Versteegh  
A. van Voorst  
R.G. Woudstra  
H.M. Zweers

## Inhoudsopgave

Samenvatting . . . . .	1
Inleiding . . . . .	2
Materialen en methoden . . . . .	2
Dieren en huisvesting . . . . .	2
Voeders . . . . .	3
Metingen . . . . .	3
Statistische analyse . . . . .	4
Resultaten en discussie . . . . .	4
Periode I (van 0 tot 13 dagen leeftijd) . . . . .	6
Periode II (van 14 tot 34 dagen leeftijd) . . . . .	11
Conclusies . . . . .	23
Literatuur . . . . .	24

## Samenvatting

Het calcium- en fosforgehalte in het voer en de onderlinge verhouding beïnvloeden de absorptie en benutting van deze mineralen en daarmee de botontwikkeling in vleeskuikens. Deze gehalten in het voer dienen op de behoefte van het dier te zijn afgestemd om enerzijds een optimale botontwikkeling te garanderen en anderzijds de fosforuitscheiding te minimaliseren. In dit experiment is de optimale calcium/fosfor-verhouding bepaald in twee rantsoenen met verschillende fytaat-fosfor gehalten (basisvoerders). Deze twee basisvoerders zijn verstrekt met en zonder microbiële fytase bij vijf oplopende calciumgehalten in de voeders. De calcium/opneembaar fosfor-verhouding in de voeders varieerde tussen de 1,6 en 2,8.

In de periode van 0 tot 13 dagen leeftijd bleek de fosforretentie (als % van de opname) lager bij het hoog fytaat-fosfor (fytaat-P) voer en het voer zonder toegevoegd fytase, vergeleken met respectievelijk het voer met het laag fytaat-P gehalte en het voer met fytasetoevoeging. Hoewel het berekende opneembaar fosforgehalte in de basisvoerders gelijk was, bleek de fosforaanzet in mg eveneens lager bij het hoog fytaat-P voer, waarschijnlijk veroorzaakt door de lagere voeropname. Het laagste calciumgehalte in de voeders beïnvloedde de fosforaanzet (in % en mg) negatief. De veranderingen in de gemeten botparameters als gevolg van het fytaat-P gehalte, fytasetoevoeging en het calciumgehalte in het voer weerspiegelden de ontwikkelingen in fosforaanzet. De calciumaanzet (als % van de opname) nam naar verwachting af bij hogere gehalten in het voer, terwijl de absolute aanzet (in mg) toenam. De water/voer-verhouding bleek toegenomen bij het hoogste calciumgehalte in het voer. Vanwege het positieve effect van de toevoeging van 500 units fytase/kg voer op de productie- en botkenmerken is het niet uit te sluiten dat 3,5 g oP/kg voer in deze leeftijdsperiode marginaal is geweest.

De optimale calcium/fosfor-verhouding in de voeders voor vier weken oude vleeskuikens varieerde van 1,25 tot 1,33 (op basis van opneembare mineralen). Deze optimale verhouding werd gerealiseerd bij een calciumgehalte van 5,9 g/kg in het voer met het lage fytaat-P gehalte, waaraan geen microbiële fytase was toegevoegd. Bij het voer met het hoge fytaatgehalte bleek het optimale calciumgehalte 8% hoger te liggen (relatief ten opzichte van het voer met het lage fytaat-P gehalte). De optimale calciumgehalten waren lager bij de uitwisseling van monocalciumfosfaat tegen fytase. Deze calciumniveaus bleken afdoende voor een optimale botontwikkeling (maximale tibia breuksterkte en tibia botvolume, terwijl het botgewicht en de as-, calcium- en fosforgehaltes op vier weken leeftijd niet door het calciumgehalte in het voer werden beïnvloed). Bovenstaande resulteerde in een optimale totaal calcium/opneembaar fosfor-verhouding die varieerde van 2,18 tot 2,32. De optimale totaal calcium/opneembaar fosfor-verhouding varieerde van 2,18 tot 2,32. Het droge stofgehalte van de mest bleek afhankelijk van het gebruikte basisvoer, nam af bij stijgende calciumgehalten in het voer en bleek lager na uitwisseling van fytase tegen monocalciumfosfaat.

## Inleiding

De efficiëntie van het gebruik van calcium (Ca) en fosfor (P) door vleeskuikens wordt beïnvloed door de dagelijkse opname van beide mineralen, de Ca/P-verhouding in het voer en de behoefte van het dier op een bepaalde leeftijd. Een suboptimale Ca/P-verhouding in het voer kan resulteren in complexvorming in het maagdarmkanaal (Shafey en anderen, 1991), een afnemende absorptiecapaciteit van het darmweefsel en een niet maximale aanzet van de geabsorbeerde mineralen in het bot (Nelson en anderen, 1990; Shafey en anderen, 1990; Wilson en anderen, 1991). Deze verhouding kan dus zowel de opneembaarheid als de retentie van beide mineralen beïnvloeden (Morrissey en Wasserman, 1991), hetgeen achtereenvolgens tot uiting komt in de mineralenuitscheiding in mest en urine.

In de voeding van pluimvee en varkens wordt het enzym fytase toegepast om een deel van het organisch gebonden fosfor uit fytate vrij te maken. Door de afbraak van fytate-P (fP) wordt het opneembaar fosfor (oP)-gehalte in plantaardige grondstoffen vergroot. Met het oP-gehalte wordt de hoeveelheid fosfor per kg voer bedoeld, die beschikbaar komt voor opname (absorptie) uit het maagdarmkanaal en onder gestandaardiseerde proefomstandigheden ook daadwerkelijk door het dier wordt benut (Van der Klis en Versteegh, 1993). Daarnaast kan de beschikbaarheid van cationen (bijv. Ca) door deze afbraak worden verbeterd. Het effect van het gebruik van fytase op de optimale calcium/ (opneembaar) fosfor-verhouding in het voer is tot dusver niet vastgesteld.

In dit experiment zijn een aantal van bovenstaande factoren bestudeerd bij vleeskuikens. Het effect van de Ca/P-verhouding op de technische prestaties van de kuikens, op de absorptie van deze mineralen uit het maagdarmkanaal, op de Ca- en P-balans en op enkele botparameters (breuksterkte, botvolume, as-, Ca- en P-gehalte) is gemeten. Er zijn twee basisvoerders gebruikt, variërend in fytate-P-gehalte (2,0 en 3,0 g/kg voer). Deze basisvoerders zijn aan de kuikens verstrekt met oplopende calcium/opneembaar fosfor-verhoudingen (van 1,6 tot 2,8 in vijf stappen) en met en zonder de toevoeging van microbiële fytase (Natuphos<sup>®</sup>, geproduceerd door Gist Brocades NV, Delft). In de periode van 0 tot 2 weken is 500 FTU fytase/kg voer toegevoegd en van 2 tot 4 weken is monocalciumfosfaat (MCP) tegen fytase uitgewisseld op basis van de equivalentie, waarbij 250 units fytase gelijkwaardig is verondersteld aan 0,5 g oP uit MCP.

De proef is mede-gefinancierd vanuit het Fonds Mest- en Ammoniak-Onderzoek en het EG-CAMAR kaderprogramma.

## Materialen en methoden

### *Dieren en huisvesting*

1920 Ross haankuikens zijn als eendagskuikens geplaatst in balanskooien (24 kuikens per kooi van 0,45 m<sup>2</sup>) in vier afdelingen van stal O1 (afdeling=blok). De kuikens zijn direct na plaatsing geënt tegen infectieuze bronchitis en pseudovogelpest en op 17 dagen leeftijd tegen Gumboro. De stalruimtes zijn continu verlicht en de temperatuur is volgens een gebruikelijk temperatuurschema verlaagd van 33°C bij plaatsing tot 21°C op 32 dagen leeftijd. Na de eerste mestverzamelingsperiode (leeftijd kuikens: 13 dagen) zijn zeven kuikens per kooi verwijderd voor het verzamelen

van de tibia's. Aansluitend is het aantal kuikens gestandaardiseerd op 14 dieren per kooi. Voer en water stonden ad libitum aan de kuikens ter beschikking.

### *Voeders*

De grondstoffensamenstelling van de basisvoeders is gegeven in bijlage 1. Aan deze basisvoeders is krijt, monocalciumfosfaat en/of fytase toegevoegd, om de gewenste proeffactoren in te stellen (bijlage 3). Er is een mengsel van zand en cellulose (1:1) gebruikt om de gewichtsverschillen tussen de voeders te elimineren, die waren ontstaan als gevolg van de verschillende hoeveelheden toegevoegd krijt, monocalciumfosfaat en fytase. In totaal waren er 20 behandelingen per proefperiode. Het oP-gehalte in de voeders is berekend op basis van de gemeten oP-gehalten in de grondstoffen (Van der Klis en Versteegh, 1993). De basisvoeders, die in periode I (van 0 tot 13 dagen leeftijd) aan de kuikens zijn verstrekt, bevatten 3,5 g oP/kg voer (basisvoeders A en B). In periode II (van 14 tot 28 dagen leeftijd) is het oP-gehalte in de basisvoeders met 1,0 g oP/kg voer verlaagd door de MCP toevoeging te verminderen of geheel achterwege te laten (basisvoeders C en D). De calcium/opneembaar fosfor ratio is in beide periodes stapsgewijze verhoogd van circa 1,6 tot circa 2,8. Aan de voeders, die zijn verstrekt in periode II, is 0,15% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> toegevoegd als inerte indicator. Alle voeders zijn koud gepelletiseerd (matrijs ø 3 mm) en in korrelvorm aan de kuikens verstrekt.

### *Metingen*

De kuikens zijn gewogen bij plaatsing en op 13 en 28 dagen leeftijd, direct na het afsluiten van de mestverzamelingsperiode. De voer- en wateropname zijn gemeten in de perioden van 0 tot 13 en van 13 tot 28 dagen leeftijd. De wateropname is gemeten bij de proefbehandelingen met de hoogste, middelste en laagste calcium/opneembaar fosfor-verhouding.

De calcium- en fosforbalans zijn bepaald gedurende twee 7-daagse balansperiodes van 6 tot 13 en van 21 tot 28 dagen leeftijd op basis van kwantitatieve mestverzameling. De mestverzamelingsperiodes zijn voorafgegaan en afgesloten met een voeronthoudingsperiode van zes uur. De mest is gedurende de eerste balansperiode eens per twee dagen en gedurende de tweede periode eens per dag verzameld. Na het afsluiten van de balansmeting op 28 dagen leeftijd hebben de kuikens weer 3 dagen beschikking gekregen over de proefvoeders, zodat zich opnieuw een steady state in het maagdarmkanaal kon instellen. Vervolgens zijn de kuikens gedood voor het verzamelen van de monsters uit het einde van de dunne darm (ileum) volgens Van der Klis (1993). Op basis van deze monsters is de ileale calcium- en fosforabsorptie berekend. Het vochtgehalte van de mest is beoordeeld op 18 en 20 dagen leeftijd, zowel visueel (van den Berg en Leenstra, 1992) als op basis van de bepaling van het droge stofgehalte van de mest (in een verzamelmonster van twee uur).

Op een leeftijd van 13 dagen en aan het einde van de proef (32 tot 34 dagen) zijn de linker- en rechtertibia's van de kuikens verzameld voor het meten van de botkenmerken (vetvrij tibiagewicht, botvolume, breuksterkte en de as-, Ca- en P-gehalten). Door loting is per kuiken bepaald welk botje bestemd was voor chemische analyse en welk voor het bepalen van de botbreuksterkte. De chemische analyses zijn uitgevoerd in gepoolde monsters van zeven dieren (zeven botjes), welke voorafgaand aan analyse zorgvuldig zijn ontdaan van spier- en peesresten. Alle metingen zijn gedaan in viervoud.

Op de dieren, die tijdens de proef zijn doodgegaan, is sectie verricht om de doodsoorzaak vast te stellen. Daarbij is extra aandacht besteed aan de botkwaliteit.

### *Statistische analyse*

De gewichtstoename, voer- en wateropname, voederconversie, water-voerverhouding, Ca- en P-balans en -absorptie, mestconsistentie en botparameters zijn alle per leeftijdsperiode geanalyseerd volgens het volgende model:

$$Y_{ijkl} = \mu + \text{Blok}_i + \text{Fytaat } P_j + \text{Fytase}_k + \text{Calcium}_l + \text{interacties} + e_{ijkl}$$

Y	=	Responsparameter
$\mu$	=	Algemeen gemiddelde
Blok	=	Blokeffect (i=4)
Fytaat P	=	Effect basisvoer (j=2)
Fytase	=	Effect fytasetoevoeging (k=2)
Calcium	=	Effect calciumgehalte (l=5; l=3 bij watermetingen)
interacties	=	Twee-weg en drie-weg interacties
e	=	Errorterm

*In de tabellen in de tekst zijn de gemiddelde gemeten waarden voor iedere behandelingscombinatie gegeven. De behandelingsgemiddelden per hoofdeffect zijn gegeven in de bijlagen.*

### **Resultaten en discussie**

De resultaten van de Weender analyse in de voeders zijn gegeven in tabel 1.

De resultaten van de analyse van calcium, fosfor en fytaat-fosfor in de voeders zijn gegeven in tabel 2 als gemiddelden per Ca of P toevoeging. De analyseresultaten in de gebruikte grondstoffen zijn gegeven in bijlage 2.

In periode I (leeftijdsperiode van 0 tot 13 weken) is fytase aan de voeders toegevoegd (500 FTU/kg), terwijl in periode II (vanaf 13 dagen leeftijd) monocalciumfosfaat is uitgewisseld tegen fytase. Vanwege dit verschil in fytasetoevoeging zijn de resultaten in deze rapportage behandeld per leeftijdsperiode.

**Tabel 1** De resultaten van de Weender analyse van de basisvoeders (g/kg produkt).

Voer <sup>1</sup>	droge stof	as	ruw eiwit	ruw vet	ruwe celstof	overige koolhydraten
A	909	64	189	96	32	528
B	911	61	205	113	59	473
C	910	61	188	94	35	532
D	911	60	204	112	64	471

<sup>1</sup> Grondstoffensamenstelling basisvoeders zie bijlage 1

**Tabel 2.** De gemiddelde geanalyseerde calcium-, fosfor- en fytaat-fosfor gehalten in de voeders (g/kg produkt).

Basisvoer	A	B	C	D
<i>Calciumniveaus</i>				
Ca 1	6,2		4,5	
Ca 2	7,4		5,4	
Ca 3	8,4		6,1	
Ca 4	9,6		7,0	
Ca 5	10,7		7,8	
<i>Fosforniveaus<sup>1</sup></i>				
P 1	5,4	6,1	4,2	4,9
P 2	-	-	3,5	4,2
<i>Fytaat-P<sup>2</sup></i>				
	1,9	3,0	1,9	3,0

<sup>1</sup> P1, P2: analyses in resp. voer zonder en met fytase

<sup>2</sup> Bepaald volgens Oshima en anderen (1964)



## Periode I (van 0 tot 13 dagen leeftijd)

In tabel 3 zijn de gewichtstoename, voer- en wateropname, de voederconversie en de water/voer-verhouding gegeven. De voeropname en de gewichtstoename van de kuikens waren significant lager bij het voer met het hoge fytaat-P-gehalte, hetgeen resulteerde in een significant gunstigere voederconversie. Door de toevoeging van 500 units fytase/kg voer werden de voeropname en de gewichtstoename verhoogd en de voederconversie verbeterd. Deze verbetering was niet afhankelijk van het fytaat-P gehalte in het basisvoer. Hierdoor wordt de indruk gewekt dat het fosforniveau in het voer zonder fytasetoevoeging marginaal is geweest in deze leeftijdsperiode (berekend oP-gehalte was 3,5 g/kg). Het is evenwel niet uit te sluiten, dat de toevoeging van fytase aan de voeders indirect heeft geleid tot een hogere beschikbaarheid van stikstof en/of spore-elementen, door middel van de afbraak van fytaat-complexen, hetgeen kan hebben bijgedragen aan een verbetering van produktieprestaties.

Het effect van de oplopende Ca/oP-verhoudingen op de gewichtstoename van de kuikens bleek afhankelijk van het gebruikte basisvoer (fP\*Ca interactie, zie tabel 3). Bij het hoog fytaat-P basisvoer steeg de gewichtstoename in periode I licht bij oplopende Ca/oP-verhoudingen, terwijl deze gelijk bleef of daalde bij het laag fytaat-P voer.

De wateropname bleek door geen van de proeffactoren significant te worden beïnvloed. Wel werd een significante fP\*fy interactie op de wateropname waargenomen (tabel 3), die is veroorzaakt doordat de wateropname daalde door het toevoegen van fytase aan het laag fytaat-P voer, terwijl deze toenam bij de voeders met het hoge fytaat-P-gehalte. De wateropname bleek vervolgens bij de ruimste Ca/oP-verhouding significant hoger bij het hoog fytaat-P voer dan bij het laag fytaat-P voer (fP\*Ca interactie), terwijl deze bij de kuikens met andere voeders niet onderling verschillend was (tabel 3).

De water/voer-verhouding in deze proef was hoger dan in eerdere experimenten is waargenomen (bijv. Van der Klis, 1993), zonder dat daar een duidelijke reden voor is aan te geven. De verhouding bleek te worden beïnvloed door het gebruikte basisvoer (tabel 3). De water/voer-verhouding was hoger bij de kuikens, die voeders met het hoge fytaat-P-gehalte kregen, vergeleken met hen bij de lage fytaat-P voeders. Dit is mogelijk het gevolg van verschillen in de grondstoffensamenstelling tussen beide basisvoeders. Bij het basisvoer met het hoge fytaat-P-gehalte is een deel tapioca uitgewisseld tegen zonnebloemzaadschroot en mais (bijlage 1). De water/voer-verhouding bleek eveneens afhankelijk van het calciumgehalte in het voer. Deze was bij het hoogste calciumniveau toegenomen in vergelijking met de lagere calciumniveaus (tabel 3).

De calcium- en fosforbalans (als % van de opname en in mg/dier.periode) gedurende de tweede levensweek zijn gegeven in tabel 4. De fosforretentie (zowel in % als in mg) bleek significant lager in de voeders met het hoge fytaat-P-gehalte vergeleken met het lage fytaat-P-gehalte. De lagere P-aanzet (in %) was overeenkomstig de verwachting vanwege het grotere aandeel fytaat-P met een lage opneembaarheid in dat voer. De lagere P-aanzet (mg) in de kuikens bij het hoog fytaat-P voer is waarschijnlijk het gevolg van de lagere voeropname van de kuikens bij dit voer, aangezien de berekende opneembaar fosforgehaltes voor beide basisvoeders gelijk waren (3,5 g/kg, zie bijlage 3). Een lagere voeropname resulteert daarmee in een lagere fosforopname (mg oP/dag) en daardoor in een lagere fosforaanzet (mg). Door toevoeging van fytase werd de

fosforretentie aanzienlijk verbeterd.

Bij het laagste calciumniveau werd minder fosfor (mg) in het lichaam van de kuikens aangezet dan bij de voeders met de hogere calciumgehalten, die onderling niet verschillend waren. De calciumretentie (als % van de opname) bleek niet beïnvloed door het fytaat-P-gehalte in het voer, maar was in mg significant lager bij het voer met 3,0 g fytaat-P/kg vergeleken met het voer met 2,0 g fytaat-P/kg. Door toevoeging van 500 FTU fytase/kg voer werd de calciumretentie verbeterd. Dit effect was groter bij het voer met 3,0 g fytaat-P/kg vergeleken met het voer met 2,0 g fytaat-P/kg (fP\*fy interactie, zie tabel 4). Deze grotere stijging in calciumaanzet als gevolg van fytasetoevoeging aan het hoog fytaat-P voer ging gepaard met een grotere stijging in de fosforaanzet in mg ( $P \leq 0,10$ ; zie tabel 4).

De absolute calciumaanzet steeg van 209 tot 290 mg/periode bij een toenemend calciumgehalte in het voer, terwijl de relatieve aanzet (als % van de opname) daalde (tabel 4). De waargenomen Ca\*fy interactie op de absolute calciumretentie werd veroorzaakt doordat de calciumaanzet sterker steeg bij toenemende calciumconcentraties bij de fytasehoudende voeders vergeleken met de voeders waaraan geen fytase was toegevoegd. Dit wijst er op dat calcium na toevoeging van fytase met een hogere efficiëntie in het lichaam kan worden aangezet, als gevolg van enerzijds een betere fosforopneembaarheid en anderzijds geringere bindingsmogelijkheden van calcium aan fytaat, vergeleken met de voeders zonder fytase ( $P \leq 0,10$ ; zie tabel 4). De verhouding tussen de Ca- en P-aanzet bleek lager bij het hoog fytaat-P voer vergeleken met het laag fytaat-P voer en bij het voer zonder microbiële fytase vergeleken met het voer waaraan 500 FTU fytase/kg was toegevoegd. Verruiming van de Ca/oP-verhouding in het voer leidde er toe dat per mg fosfor meer calcium in het lichaam werd aangezet (toename van 1,14 tot 1,45 mg Ca per mg P).

De gemeten kenmerken aan de tibia's van de twee weken oude kuikens zijn weergegeven in tabel 5. Uit alle gemeten botparameters bleek dat de botontwikkeling en de mineralenaanzet in het bot geringer was bij het hoog fytaat-P voer, vergeleken met het voer met de lage fytaat-P concentratie. Het effect van de toevoeging van microbiële fytase aan de voeders bleek positief uit te werken op alle gemeten parameters. De as-, fosfor- en calciumgehalten van de tibia's waren bij de laagste Ca/oP-verhouding significant lager dan bij de andere Ca/oP-verhoudingen. Deze waarnemingen aan de botparameters bevestigen de verschillen in calcium- en fosforbalans (mg), welke eveneens geringer waren bij de overeenkomstige proefbehandelingen (tabel 4).

Het positieve effect van fytasetoevoeging op de botbreuksterkte was groter in de hoog fytaat-P voeders (toename met 1,20 kg) vergeleken met de laag fytaat-P voeders (toename met 0,65 kg), zoals valt af te leiden uit tabel 5. Deze fP\*fy interactie bleek ook significant aanwezig voor het as- en calciumgehalte van de tibia's (tabel 5). Het effect van fytasetoevoeging op de botbreuksterkte bleek vervolgens afhankelijk van het calciumgehalte in het voer (fy\*Ca interactie; tabel 6). De verbetering van de botbreuksterkte door het toevoegen van 500 eenheden fytase aan de proefvoeders was respectievelijk 0,46, 0,40, 1,18, 1,19 en 1,42 kg bij de vijf oplopende calciumniveaus in het voer. Dit geeft aan dat een positief effect van fytasetoevoeging aan het voer op de botbreuksterkte alleen tot uiting komt bij een voldoende hoog calciumgehalte in het voer, al kon dit niet worden bevestigd op basis van de botmineralisatie (tabel 5).

Tabel 3. De gewichtstoename (gewicht), voer- (voer) en wateropname (water) (alle in g.dier<sup>-1</sup>.periode<sup>-1</sup>), de voederconversie (vc) en water/voer-verhouding (wv) (beide in g/g) van vleeskuikens bij verschillende gehalten aan fytaat-P, fytase en calcium in het voer<sup>1</sup>

Proefbehandeling			Productie van 0 tot 2 weken leeftijd				
fP	fy	Ca	gewicht	voer	water	vc	wv
2,0	0	6,3	279	418	950	1,50	2,28
		7,4	275	402	nb	1,46	nb
		8,5	270	402	910	1,46	2,26
		9,6	274	403	nb	1,48	nb
		10,7	266	380	883	1,43	2,32
	500	6,3	282	407	876	1,44	2,15
		7,4	285	412	nb	1,44	nb
		8,5	278	413	883	1,44	2,24
		9,6	285	400	nb	1,40	nb
		10,7	276	401	870	1,40	2,25
3,0	0	6,3	254	380	884	1,49	2,32
		7,4	260	378	nb	1,45	nb
		8,5	257	367	866	1,43	2,34
		9,6	253	363	nb	1,44	nb
		10,7	262	372	919	1,42	2,47
	500	6,3	260	384	925	1,47	2,40
		7,4	269	383	nb	1,42	nb
		8,5	276	389	885	1,38	2,28
		9,6	275	384	nb	1,40	nb
		10,7	274	386	955	1,41	2,48
			Significanties <sup>2</sup>				
fP			***	***	NS	*	***
fy			***	***	NS	***	NS
Ca			NS	*	NS	***	**
fP*fy			NS	NS	*	NS	NS
fP*Ca			*	NS	*	t	NS
fy*Ca			NS	t	NS	NS	NS
fP*fy*Ca			NS	NS	NS	NS	NS
			Kleinste significante verschillen				
fP			3,8	5,0	27,5	0,014	0,054
fy			3,8	5,0	27,5	0,014	0,054
Ca			6,1	8,0	33,7	0,022	0,066
fP*fy			5,4	7,1	38,9	0,019	0,077
fP*Ca			8,6	11,2	47,6	0,031	0,094
fP*fy*Ca			12,1	15,9	67,4	0,043	0,133

<sup>1</sup> fytaat-P (fP: g/kg), fytase (fy: FTU/kg), calcium (Ca: g/kg); de behandelingsgemiddelden per hoofdeffect zijn gegeven in de bijlagen; <sup>2</sup> Significantie: NS, niet significant; t, P ≤ 0,10; \*, P ≤ 0,05; \*\*, P ≤ 0,01; \*\*\*, P ≤ 0,001; nb: niet bepaald

Tabel 4. De gemeten fosfor- en calciumretentie (als % van de opname en in mg/periode) van vleeskuikens bij verschillende gehalten aan fytaat-P, fytase en calcium in het voer<sup>1</sup>

Proefbehandeling			Retentie van 1 tot 2 weken leeftijd				
fP	fy	Ca	P (%)	Ca (%)	P (mg)	Ca (mg)	Ca/P
2,0	0	6,3	46,4	46,9	186	216	1,16
		7,4	50,9	46,4	193	240	1,25
		8,5	50,0	40,9	192	244	1,26
		9,6	50,3	39,1	198	275	1,39
		10,7	50,8	35,2	183	272	1,41
	500	6,3	49,3	49,7	192	222	1,16
		7,4	53,2	47,8	216	266	1,23
		8,5	53,4	45,2	209	263	1,26
		9,6	54,2	41,7	208	286	1,37
		10,7	55,3	42,1	218	336	1,54
3,0	0	6,3	42,6	46,0	171	188	1,10
		7,4	46,9	46,4	188	224	1,19
		8,5	46,1	40,5	175	210	1,20
		9,6	45,3	37,2	174	225	1,29
		10,7	43,6	34,6	174	242	1,39
	500	6,3	45,3	50,5	186	210	1,13
		7,4	49,9	49,6	207	248	1,20
		8,5	50,4	46,2	210	262	1,25
		9,6	50,5	44,6	209	290	1,39
		10,7	50,3	41,9	211	308	1,46
Significanties <sup>2</sup>							
fP		***	NS	**	***	***	***
fy		***	***	***	***	***	**
Ca		***	***	**	***	***	***
fP*fy		NS	t	t	**	NS	NS
fP*Ca		NS	NS	NS	NS	NS	NS
fy*Ca		NS	NS	t	***	*	*
fP*fy*Ca		NS	NS	NS	NS	NS	NS
Kleinste significante verschillen							
fP		0,98	1,16	5,6	7,3	0,021	
fy		0,98	1,16	5,6	7,3	0,021	
Ca		1,54	1,83	8,9	11,6	0,034	
fP*fy		1,38	1,64	8,0	10,4	0,030	
fP*Ca		2,19	2,59	12,6	10,4	0,048	
fy*Ca		2,19	2,59	12,6	16,4	0,048	
fP*fy*Ca		3,10	3,66	1,78	2,32	0,068	

<sup>1,2</sup> Zie tabel 3.

Tabel 5. De vetvrije gewichten van de tibia's (g) en de as-, fosfor- en calciumgehalten (%), gemeten bij vleeskuikens bij verschillende gehalten aan fytaat-P, fytase en calcium in het voer<sup>1</sup>

Proefbehandeling			Tibiaparameters op 2 weken leeftijd					
fP	fy	Ca	gewicht	as	P	Ca	volume	breuksterkte
2,0	0	6,3	0,73	35,0	6,8	12,4	1,79	4,37
		7,4	0,74	38,3	7,9	14,2	1,84	5,12
		8,5	0,72	39,9	8,0	14,9	1,70	5,02
		9,6	0,72	39,5	8,1	14,9	1,80	4,88
		10,7	0,72	39,2	7,8	14,7	1,72	5,23
	500	6,3	0,74	37,6	7,5	13,7	1,81	4,98
		7,4	0,77	38,8	8,0	14,5	1,93	5,09
		8,5	0,80	39,8	7,9	14,8	1,91	5,83
		9,6	0,77	41,2	8,3	15,4	1,82	5,61
		10,7	0,82	40,4	8,0	15,0	1,91	6,43
3,0	0	6,3	0,68	34,8	6,6	12,6	1,72	3,93
		7,4	0,72	36,1	7,6	13,3	1,80	4,13
		8,5	0,67	36,6	6,9	13,3	1,61	3,99
		9,6	0,66	36,5	7,5	13,7	1,68	3,98
		10,7	0,66	36,4	6,8	13,2	1,73	4,02
	500	6,3	0,72	35,5	6,9	12,8	1,78	4,23
		7,4	0,78	38,0	7,8	14,2	1,90	4,96
		8,5	0,78	40,0	7,7	14,9	1,84	5,56
		9,6	0,79	39,7	8,1	15,0	1,89	5,63
		10,7	0,78	40,2	7,7	15,0	1,85	5,67
			Significanties <sup>2</sup>					
fP		**	***	***	***	t	***	
fy		***	***	***	***	***	***	
Ca		NS	***	***	***	NS	***	
fP*fy		NS	**	NS	**	NS	**	
fP*Ca		NS	NS	NS	NS	NS	NS	
fy*Ca		*	NS	NS	NS	NS	**	
fP*fy*Ca		NS	*	NS	*	NS	NS	
			Kleinste significante verschillen					
fP		0,020	0,50	0,23	0,26	0,051	0,20	
fy		0,020	0,50	0,23	0,26	0,051	0,20	
Ca		0,032	0,80	0,36	0,42	0,081	0,32	
fP*fy		0,029	0,71	0,32	0,37	0,073	0,29	
fP*Ca		0,046	1,13	0,51	0,59	0,115	0,45	
fy*Ca		0,046	1,13	0,51	0,59	0,115	0,45	
fP*fy*Ca		0,064	1,60	0,72	0,83	0,162	0,64	

<sup>1,2</sup> Zie tabel 3

## Periode II (van 14 tot 34 dagen leeftijd)

Het gehalte opneembaar fosfor in de voeders, die zijn verstrekt vanaf 13 dagen leeftijd, is verlaagd met 1 g/kg ten opzichte van de voeders uit periode I. Daarnaast zijn 250 units fytase toegevoegd op basis van uitwisseling tegen fosfor uit monocalciumfosfaat.

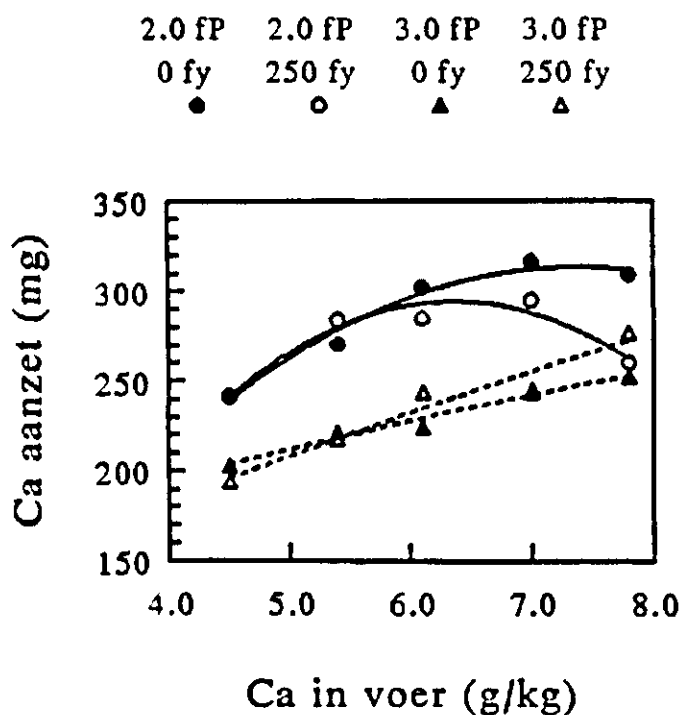
De technische parameters (gewichtstoename, voer- en wateropname, voederconversie en water/voerverhouding) van de vleeskuikens van 14 tot 28 dagen leeftijd zijn gegeven in tabel 6. De gewichtstoename en de voer- en wateropname waren lager bij het hoog fytaat-P basisvoer, vergeleken met het basisvoer met het lage fytaat-P-gehalte. De water/voer-verhouding bleek, evenals in de periode tot 13 dagen leeftijd, duidelijk gestegen bij het hoog fytaat-P voer. Door de uitwisseling van fosfor uit monocalciumfosfaat tegen fytase werden de wateropname van de kuikens en de water/voer-verhouding verhoogd, terwijl de overige parameters door deze uitwisseling niet werden beïnvloed. De gewichtstoename van de kuikens was significant lager bij de laagste Ca/oP-verhouding dan bij de overige groepen, die onderling niet verschillend waren. Dit kwam eveneens tot uiting in de hogere voederconversie bij het betreffende voer. Een verslechtering van de voederconversie bij de laagste Ca/oP-verhouding was ook aanwezig in de meetperiode tot 13 dagen leeftijd (tabel 3). De wateropname en de water/voer-verhouding waren significant verhoogd bij de ruimste Ca/oP-verhouding. Dit laatste bleek eveneens het geval in de leeftijdsperiode van 0 tot 13 dagen, terwijl de wateropname in die periode niet afhankelijk was van de Ca/oP-verhouding in het voer. Bij de gewichtstoename, de voer- en de wateropname bleek een significante  $fP \cdot fy$  interactie aanwezig (tabel 6). Deze interactie was het gevolg van een gestegen gewichtstoename, voer- en wateropname door uitwisseling van fytase tegen MCP bij het hoog fytaat-P voer, terwijl de gewichtstoename en voeropname daalden en de wateropname gelijk bleef als gevolg van deze uitwisseling bij het laag fytaat-P basisvoer. Dit duidt erop dat de equivalentie, op basis waarvan monocalciumfosfaat door fytase is uitgewisseld, niet identiek was bij beide basisvoeders. Bij het laag fytaat-P voer lijkt deze equivalentie te gunstig ingeschat, hetgeen mogelijk is veroorzaakt door een gebrek aan fytaat-P (substraat) om MCP-P volledig te kunnen vervangen. De equivalentie bij het hoog fytaat-P basisvoer is mogelijk iets gunstiger geweest dan verondersteld, aangezien de uitwisseling heeft geleid tot iets betere productieprestaties. Aangezien er in deze proef geen sterke overdosering van fytase heeft plaatsgevonden, kan een verschil in afbraaksnelheid van fytaat in het maagdarmkanaal door fytase (verschillende grondstoffensamenstelling van de voeders) eveneens een rol hebben gespeeld bij deze verschillen in equivalentie.

De calcium- en fosforbalans gedurende de vierde levensweek is gegeven in tabel 7. De fosforretentie (zowel in % als in mg) was significant lager bij de kuikens met het voer met 3,0 g fytaat-P/kg voer vergeleken met het laag fytaat-P voer. Dit is ook geconstateerd in de periode van 0 tot 13 dagen leeftijd (tabel 4). Ook de calciumretentie (in mg) bleek significant lager bij het voer met 3,0 g fytaat-P/kg, terwijl de relatieve aanzet (% van de opname) was verbeterd. De lagere absolute aanzet van calcium en fosfor lijkt, evenals in de eerste meetperiode, het gevolg van de lagere voeropname (en daardoor lagere mineralenopname) bij het hoog fytaat-P voer. Uitwisseling van MCP-P tegen fytase resulteerde in een significant lagere fosforaanzet (mg/periode) bij een aanzienlijke verbetering van de relatieve aanzet. Dit laatste is logisch vanwege de verlaging van

het totaal fosforgehalte in de proefvoeders door de voornoemde uitwisseling. Het effect op de absolute fosforaanzet (mg) bleek afhankelijk van het fytaat-P-gehalte van het voer: bij het laag fytaat-P voer was de P-aanzet gedaald als gevolg van de uitwisseling van MCP-P tegen fytase, terwijl de absolute fosforaanzet niet was veranderd door deze uitwisseling op het hoog fytaat-P voer (fP\*fy interactie, zie tabel 7). Dit bevestigt dat de equivalentie bij het voer met de lage fytaat-P concentratie inderdaad is overschat, zoals reeds is aangegeven op basis van de productieprestaties van de kuikens (tabel 6). De aangehouden equivalentie tussen 250 FTU fytase en 0,5 g oP uit MCP blijkt wel correct voor het voer met 3,0 g fytaat-P/kg voer.

De verhouding tussen de calcium- en fosforaanzet was significant verhoogd bij de fytasehoudende voeders vergeleken met de voeders zonder fytase (tabel 7). De fosforaanzet (%) nam significant af bij de ruimste Ca/oP-verhouding in het voer, terwijl de maximale fosforaanzet in mg bereikt werd bij een calciumgehalte van 6,1 g/kg. De relatieve calciumaanzet nam af bij oplopende calciumgehalten in het voer. De absolute calciumaanzet was vrijwel maximaal bij een calciumgehalte in het voer van 6,1 g/kg, daarboven steeg de absolute calciumaanzet nog enigszins maar deze stijging was niet meer significant. De fosforaanzet (mg) daalde bij hogere calciumgehalten in de voeders, met als gevolg dat de verhouding in de calcium- en fosforaanzet toenam van 1,14 tot 1,42.

In tabel 7 is een significante drieweg-interactie (fP\*fy\*Ca interactie) aangegeven op de calciumaanzet. Deze is weergegeven in figuur 1.



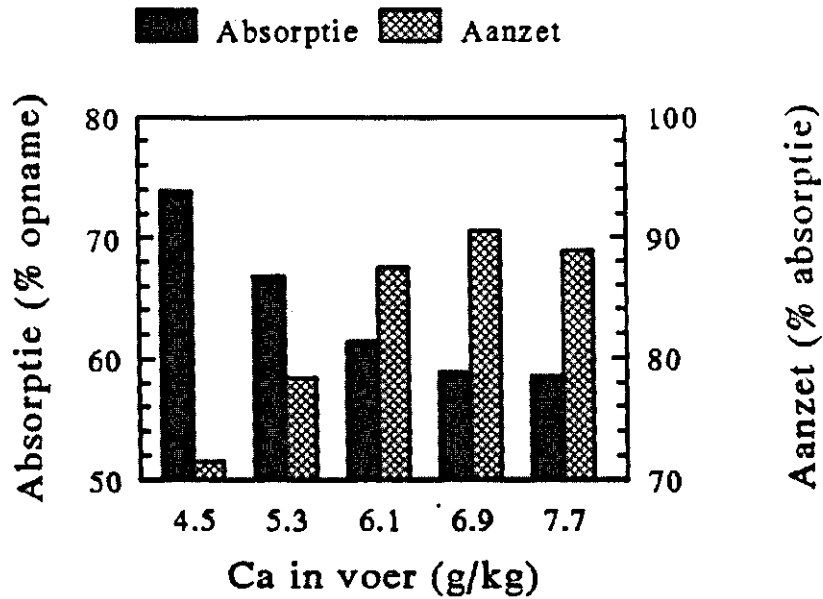
Figuur 1. De relatie tussen het calciumgehalte in het voer en de calciumaanzet (mg/periode) in vleeskuikens van drie tot vier weken leeftijd.

De dosis-respons lijnen in deze figuur zijn in alle gevallen gebaseerd op een kwadratische curve. Het blijkt duidelijk dat de calciumaanzet, binnen de gekozen calciumgehalten in het voer, een maximum waarde heeft bereikt bij het voer met 2,0 g fytaat-P/kg voer. Hiervan was op het voer met 3,0 g fytaat-P/kg nog geen sprake (een kwadratische component was daar niet aantoonbaar). De calciumaanzet bij het laatste voer lag daarnaast op een lager niveau (zoals ook aangegeven in tabel 7). Dit wijst er op dat de Ca/oP-verhouding voor een maximale calciumaanzet bij het basisvoer met 3,0 g fytaat-P/kg voer aanzienlijk hoger was, dan bij het voer met het laag fytaat-P-gehalte. De binding van calcium aan fytaat in het maagdarmlkanaal kan hiervoor geen afdoende verklaring zijn, aangezien de calciumabsorptie uit het darmlkanaal niet negatief werd beïnvloed door het fytaat-P-gehalte in het voer (tabel 8). De oorzaak zal veeleer liggen in de lagere fosforaanzet (mg) op het hoog fytaat-P basisvoer (tabel 7). Als gevolg daarvan is het uit de darm opgenomen calcium waarschijnlijk minder efficiënt in het kuiken aangezet (relatief tekort aan fosfor).

In tabel 8 zijn de ileale verteerbaarheid van droge stof en de absorptie voor fosfor en calcium gegeven. De droge stof verteerbaarheid van het basisvoer met 3,0 g fytaat-P/kg was significant lager dan die van het voer met 2,0 g fytaat-P/kg. Dit is mogelijk veroorzaakt door verschillen in grondstoffensamenstelling van de voeders. De fosforabsorptie (%) was eveneens lager in het voer met het hoge fytaat-P-gehalte. Dit is volgens verwachting omdat het hoog fytaat-P voer een groter aandeel minder goed opneembaar fosfor bevatte. Uitwisseling van MCP-P tegen fytase resulteerde in een significante verbetering van de fosforabsorptie. De fosforabsorptie (%) werd negatief beïnvloed door stijgende calciumgehalten in het voer, waarbij minimale waarden werden bereikt bij calciumgehalten van 6,9 en 7,7 g/kg. Ook de calciumabsorptie (%) werd negatief beïnvloed door een stijgend calciumgehalte in het voer tot een concentratie van 6,1 g/kg. Daarna nam ook de calciumabsorptie niet verder af.

In figuur 2 is de fosforabsorptie (als % van de opname) en de -aanzet (als % van de absorptie) gegeven voor het laag fytaat-P voer, zonder fytase toevoeging.





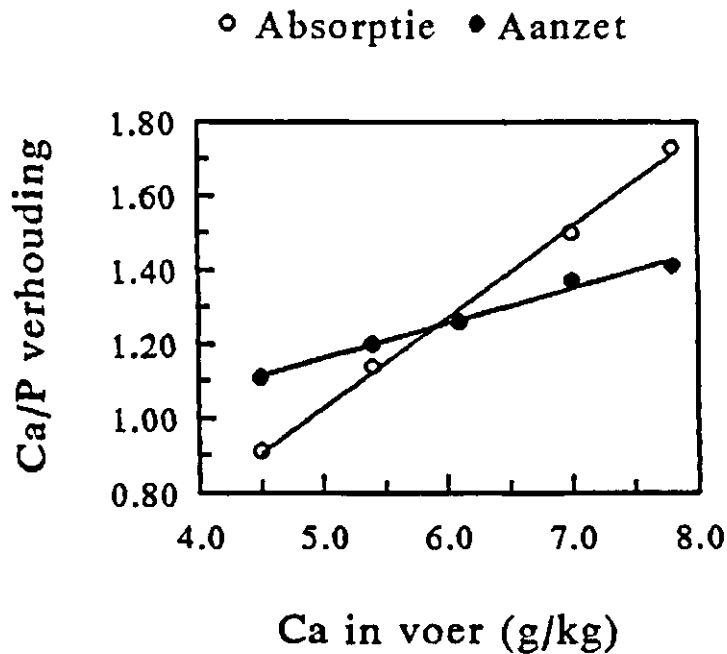
**Figuur 2.** De fosforabsorptie (% van de opname) en -aanzet (% van de geabsorbeerde hoeveelheid) in vier weken oude kuikens, bij variabele calciumgehalten in het voer.

Uit deze figuur blijkt nogmaals duidelijk de daling van de fosforabsorptie bij een toename van het calciumgehalte in het voer en de gelijktijdige toename van de aanzet van geabsorbeerd fosfor. Enerzijds leidt het stijgende calciumgehalte tot een toename van de fosforuitscheiding in de mest (daling van de absorptie als % van de opname), anderzijds tot een daling van de uitscheiding in mest (endogeen P) en urine (toename van de aanzet, als % van de absorptie).

De optimale Ca/P-verhouding is gedefinieerd als het gehalte in het voer, waarbij zowel calcium als fosfor met een maximale efficiëntie worden aangezet. De optimale Ca/P-verhouding en het calciumgehalte in het voer waarbij dat werd gerealiseerd, is berekend uit:

- 1) de Ca/P-verhouding van de geabsorbeerde mineralen uit het maagdarmkanaal
- en 2) de Ca/P-verhouding zoals deze in het lichaam is aangezet.

Deze waarden zijn gegeven in figuur 3 voor het basisvoer met het lage fytaat-P-gehalte zonder toevoeging van microbiële fytaase.



**Figuur 3.** De verhouding tussen het uit de darm geabsorbeerde calcium en fosfor en in het lichaam aangezette calcium en fosfor in vier weken oude kuikens bij variabele calciumgehalten in het voer.

Bij lage calciumgehalten in het voer is de Ca/P ratio van de geabsorbeerde mineralen lager dan de verhouding in het aangezette calcium en fosfor. Dit duidt op een relatief overschot van fosfor in het metabolisme ten opzichte van calcium. Het fosforoverschot wordt vervolgens gedeeltelijk aangezette (lage Ca/oP-verhouding in het bot, zie tabel 7) en voorts als endogeen P via mest en urine uitgescheiden, zoals ook is geïllustreerd in figuur 2. Bij de hoge calciumgehalten in het voer is het omgekeerde het geval. De gedefinieerde optimale verhouding is af te leiden als het snijpunt van beide lijnen. De resultaten van deze berekening met en zonder fytasetoevoeging en die voor het basisvoer met het hoog fytfaat-P-gehalte zijn gegeven in tabel 9.

Uit tabel 9 blijkt dat de optimale opneembaar calcium/opneembaar fosfor-verhouding varieert van 1,25 tot 1,33. Het calciumgehalte, waarbij die werd gerealiseerd was 5,9 g/kg bij het voer met de lage fytfaat-P concentratie. Dit optimale gehalte was 6,4 g/kg bij het hoog fytfaat-P voer. Bij beide basisvoerders werd het optimale calciumgehalte in het voer met 0,7 g/kg verlaagd door toevoeging van fytase.

De gemeten botparameters in vleeskuikens van 4,5 week leeftijd zijn weergegeven in tabel 10. Alle parameters, behalve het calciumgehalte van de tibia's, bleken afhankelijk van de samenstelling van het basisvoer. De waarden werden negatief beïnvloed door een hoger fytfaat-P-gehalte in

het voer. Het botvolume werd significant vergroot door de uitwisseling van monocalciumfosfaat tegen fytase bij het hoog fytaat-P basisvoer, terwijl deze uitwisseling geen effect had bij het laag fytaat-P voer (fP\*fy interactie, zie tabel 10). Het botvolume en de breuksterkte waren op het laagste calciumniveau significant lager dan bij de andere calciumniveaus. De maximale waarden van beide parameters werden bereikt bij een calciumgehalte van 6,9 g/kg voer. Uit deze tabel blijkt dat de optimale calciumgehalten, waarbij het geabsorbeerde calcium en fosfor maximaal worden aangezet (tabel 9), voldoende zijn om een goede botvorming te garanderen.

De resultaten van de mestbeoordeling en het droge stofgehalte van de mest is gegeven in tabel 11. Bij het hoog fytaat-P basisvoer was de mest significant droger dan bij het basisvoer met 2,0 g fytaat-P/kg. Het droge stofgehalte van de mest van de vleeskuikens, die de voeders verstrekt kregen waarin fytase was uitgewisseld tegen monocalciumfosfaat, was significant lager dan bij de voeders zonder fytase. Het droge stofgehalte nam voorts af bij stijgende calciumgehalten in het voer. Het effect van zowel het basisvoer (fytaat-P) als van het calciumgehalte in het voer op het droge stofgehalte van de mest was groter dan het voornoemde effect van fytase. De resultaten van de mestconsistentie en het droge stofgehalte komen goed overeen met de verschillen in wateropname van de kuikens (tabel 6), waarbij een hogere wateropname volgens verwachting samenging met een lager droge stofgehalte van de mest.

In bijlage 4 zijn de waarden van de absorptie en retentie van kalium en magnesium gegeven. De kalium- en magnesiumgehalten in de chymus en mest zijn geanalyseerd om na te gaan of een verhoogde absorptie (en uitscheiding via de urine) van deze twee macro-elementen een oorzaak kan zijn voor het hogere vochtgehalte in de mest bij fytasetoevoeging. Er is gekozen voor deze twee elementen, omdat plantaardig fytaat voor een groot deel aanwezig is als K- en Mg zout en een afbraak van fytaat mogelijk samen gaat met een grotere beschikbaarheid van deze twee elementen. Uit bijlage 4 blijkt dat noch de absorptie van magnesium noch die van kalium werd beïnvloed door de opname van fytase in het voer, waardoor de bovengenoemde hypothese op grond de voorliggende proef dient te worden verworpen.

Hoewel het niet volledig is uit te sluiten dat de resultaten van de proefgroepen waaraan de fytasehoudende voeders zijn verstrekt van 0 tot 2 weken de resultaten in latere leeftijdsperiodes hebben beïnvloed, is het niet waarschijnlijk dat dit effect erg groot is geweest. De fosfor- en calciumaanzet van 1 tot 2 weken waren 2 à 3 mg per periode hoger onder invloed van 500 units fytasetoevoeging (tabel 4). Daarnaast bleken deze gehalten in de tibia's eveneens licht verhoogd. De aangezette hoeveelheid fosfor in de tibia's (mg) is met een faktor 4,5 toegenomen van 2 tot 4 weken, hetgeen inhoudt dat het relatief kleine verschil op 2 weken nauwelijks meer van invloed kan zijn geweest op 4 weken leeftijd.

Tabel 6. De gewichtstoename (gewicht), voer- (voer) en wateropname (water) (alle in g.dier<sup>-1</sup>.periode<sup>-1</sup>), de voederconversie (vc) en water/voer-verhouding (wv) (beide in g/g) van vleeskuikens, bij verschillende gehalten aan fytaat-P, fytase en calcium in het voer<sup>1</sup>

Proefbehandeling			Productie van 2 tot 4 weken leeftijd				
fP	fy	Ca	gewicht	voer	water	vc	wv
2,0	0	4,5	717	1256	2644	1,75	2,11
		5,3	775	1329	nb	1,72	nb
		6,1	773	1328	2781	1,72	2,10
		6,9	787	1332	nb	1,70	nb
		7,7	755	1257	2792	1,66	2,22
	250	4,5	700	1226	2686	1,75	2,19
		5,3	758	1290	nb	1,70	nb
		6,1	764	1278	2728	1,68	2,16
		6,9	744	1280	nb	1,72	nb
		7,7	738	1258	2943	1,70	2,34
3,0	0	4,5	558	970	2212	1,74	2,28
		5,3	590	1020	nb	1,73	nb
		6,1	606	1035	2361	1,71	2,28
		6,9	575	996	nb	1,73	nb
		7,7	590	1000	2366	1,70	2,36
	250	4,5	591	1034	2565	1,75	2,37
		5,3	570	1003	nb	1,76	nb
		6,1	630	1073	2578	1,70	2,40
		6,9	600	1050	nb	1,76	nb
		7,7	647	1072	2740	1,72	2,51
Significanties <sup>2</sup>							
fP		***	***	***	t	***	
fy		NS	NS	***	NS	***	
Ca		*	t	***	*	***	
fP*fy		*	**	***	NS	NS	
fP*Ca		NS	NS	NS	NS	NS	
fy*Ca		NS	NS	NS	NS	NS	
fP*fy*Ca		NS	NS	NS	NS	NS	
Kleinste significante verschillen							
fP		18,2	24,8	71,7	0,022	0,053	
fy		18,2	24,8	71,7	0,022	0,053	
Ca		28,8	39,3	87,6	0,034	0,065	
fP*fy		25,8	35,1	101,1	0,031	0,075	
fP*Ca		40,8	55,6	123,7	0,049	0,092	
fy*Ca		40,8	55,6	123,7	0,049	0,092	
fP*fy*Ca		57,7	78,6	175,2	0,069	0,130	

<sup>1,2</sup> Zie tabel 3

Tabel 7. De gemeten fosfor- en calciumretentie (als % van de opname en in mg/periode) van vleeskuikens, bij verschillende gehalten aan fytaat-P (fP), fytase (fy) en calcium (Ca) in het voer<sup>1</sup>

Proefbehandeling			Retentie van 3 tot 4 weken leeftijd				
fP	fy	Ca	P (%)	Ca (%)	P (mg)	Ca (mg)	Ca/P
2,0	0	4,5	52,9	52,9	217	242	1,11
		5,3	52,4	49,2	226	271	1,20
		6,1	53,7	46,7	240	302	1,26
		6,9	53,3	44,0	231	316	1,37
		7,7	52,1	39,6	220	309	1,41
	250	4,5	59,5	56,4	198	241	1,22
		5,3	61,7	52,6	216	284	1,31
		6,1	59,8	46,7	209	285	1,30
		6,9	59,7	43,4	202	295	1,45
		7,7	56,7	34,3	192	260	1,35
3,0	0	4,5	48,3	58,8	180	203	1,13
		5,3	46,8	52,5	179	222	1,25
		6,1	47,1	44,5	189	225	1,19
		6,9	47,0	45,3	177	246	1,39
		7,7	45,7	43,2	165	252	1,52
	250	4,5	52,5	55,0	174	194	1,12
		5,3	54,0	52,8	175	218	1,25
		6,1	52,2	45,5	193	244	1,26
		6,9	51,3	42,7	176	244	1,42
		7,7	49,5	40,2	183	277	1,41

	Significanties <sup>2</sup>				
fP	***	**	***	***	NS
fy	***	NS	**	NS	**
Ca	**	***	**	***	***
fP*fy	*	t	***	*	**
fP*Ca	NS	**	NS	t	***
fy*Ca	t	**	NS	NS	***
fP*fy*Ca	NS	*	NS	*	NS

	Kleinste significante verschillen				
fP	0,85	0,99	6,3	9,9	0,020
fy	0,85	0,99	6,3	9,9	0,020
Ca	1,35	1,56	9,9	15,6	0,032
fP*fy	1,21	1,450	8,9	14,0	0,028
fP*Ca	1,90	2,21	14,0	22,1	0,045
fy*Ca	1,90	2,21	14,0	22,1	0,045
fP*fy*Ca	2,70	3,12	19,9	31,2	0,064

<sup>1,2</sup> Zie tabel 3

Tabel 8. De ileale verteerbaarheid van droge stof en de absorptie van fosfor en calcium, gemeten bij vleeskuikens op 4,5 weken leeftijd (alle als % van de opname), bij verschillende gehalten fytaat-P, fytase en calcium in het voer<sup>1</sup>

Proefbehandeling			ileale absorptie			
fP	fy	Ca	droge stof	P	Ca	
2,0	0	4,5	75,5	73,9	60,4	
		5,3	76,7	66,8	59,4	
		6,1	76,0	61,4	53,4	
		6,9	76,4	58,9	53,4	
		7,7	77,2	58,6	54,9	
	250	4,5	76,1	75,8	60,8	
		5,3	76,1	67,0	58,1	
		6,1	75,2	61,9	55,8	
		6,9	76,4	61,0	55,9	
		7,7	76,1	63,6	55,0	
	3,0	0	4,5	72,4	69,0	61,3
			5,3	72,4	60,2	57,8
			6,1	71,7	56,3	56,7
			6,9	72,9	52,2	56,0
			7,7	72,1	52,8	56,3
250		4,5	71,9	70,1	60,4	
		5,3	72,5	61,3	58,4	
		6,1	71,6	58,9	57,2	
		6,9	73,6	56,5	58,9	
		7,7	73,2	58,7	57,5	
			Significanties <sup>2</sup>			
fP		***	***	NS		
fy		NS	***	NS		
Ca		**	***	***		
fP*fy		NS	NS	NS		
fP*Ca		NS	NS	NS		
fy*Ca		NS	NS	NS		
fP*fy*Ca		NS	NS	NS		
			Kleinste significante verschillen			
fP		0,43	1,30	1,71		
fy		0,43	1,30	1,71		
Ca		0,68	2,05	2,71		
fP*fy		0,61	1,84	2,42		
fP*Ca		0,96	2,90	3,83		
fy*Ca		0,96	2,90	3,83		
fP*fy*Ca		1,36	4,11	5,42		

<sup>1,2</sup> Zie tabel 3

**Tabel 9.** De optimale Ca/P-verhouding en het calciumgehalte in vleeskui-  
kenvoerders bij twee fytaat-P gehalten, met en zonder toevoeging  
van fytase.

Voer		Optimale waarden		
Fytaat-P (g/kg)	Fytase (units/kg)	Ca (g/kg)	Ca/P <sup>1</sup>	Ca/P <sup>2</sup>
2,0	0	5,9	1,25	2,18
	250	5,2	1,28	2,23
3,0	0	6,4	1,33	2,32
	250	5,7	1,25	2,18

<sup>1</sup> opneembaar Ca/ opneembaar P

<sup>2</sup> totaal Ca/opneembaar P

Tabel 10. De vetvrije gewichten van de tibia's (g) en de as-, fosfor- en calciumgehalten (%), bij verschillende gehalten aan fytaat-P, fytase en calcium in het voer<sup>1</sup>

Proefbehandeling			Tibiaparameters op 4 weken leeftijd					
fP	fy	Ca	gewicht	as	P	Ca	volume	breuksterkte
2,0	0	4,5	4,56	29,4	5,7	11,2	9,89	15,74
		5,3	4,47	33,0	6,4	13,4	10,82	19,01
		6,1	5,44	30,2	5,8	12,7	11,18	22,30
		6,9	4,50	34,6	6,5	13,7	11,00	21,88
		7,7	4,84	31,2	5,9	12,0	10,96	21,53
	250	4,5	4,96	29,6	5,8	12,6	10,54	17,40
		5,3	4,66	32,5	6,1	12,5	11,39	19,06
		6,1	5,29	28,3	5,2	11,6	10,22	19,33
		6,9	4,59	32,6	6,2	13,0	11,21	21,06
		7,7	4,99	30,6	5,8	11,8	10,50	20,44
3,0	0	4,5	3,87	28,9	5,8	11,9	9,11	14,07
		5,3	4,29	28,0	5,5	11,8	8,93	14,31
		6,1	4,40	28,0	5,5	11,4	9,54	14,67
		6,9	3,92	30,8	5,8	12,5	9,60	19,86
		7,7	4,20	29,4	5,6	12,4	9,46	16,08
	250	4,5	3,90	30,3	6,0	12,1	9,57	12,77
		5,3	4,12	30,1	5,6	12,1	9,78	14,43
		6,1	4,64	28,7	5,5	11,8	9,64	18,64
		6,9	4,34	29,8	5,4	11,9	10,18	16,78
		7,7	4,78	26,9	5,3	12,0	10,36	14,80
			Significanties <sup>2</sup>					
fP		***	*	*	NS	***	***	
fy		NS	NS	NS	NS	*	NS	
Ca		NS	NS	NS	NS	*	***	
fP*fy		NS	NS	NS	NS	*	NS	
fP*Ca		NS	NS	NS	NS	NS	NS	
fy*Ca		NS	NS	NS	NS	NS	NS	
fP*fy*Ca		NS	NS	NS	NS	NS	NS	
			Kleinste significante verschillen					
fP		0,35	1,75	0,28	0,59	0,29	1,40	
fy		0,35	1,75	0,28	0,59	0,29	1,40	
Ca		0,55	2,77	0,44	0,94	0,46	2,20	
fP*fy		0,49	2,48	0,40	0,84	0,41	1,97	
fP*Ca		0,78	3,92	0,63	1,33	0,64	3,12	
fy*Ca		0,78	3,92	0,63	1,33	0,64	3,12	
fP*fy*Ca		1,11	5,54	0,89	1,88	0,91	4,41	

1.2

Zie tabel 3



Tabel 11. De consistentie (score) en het droge stofgehalte (%) van de mest van vleeskuikens, gemeten op 18 en 20 dagen leeftijd, bij verschillende gehalten aan fytaat-P, fytase en calcium in het voer<sup>1</sup>

Proefbehandeling			leeftijd 18 dagen		leeftijd 20 dagen	
fP	fy	Ca	consistentie	droge stof	consistentie	droge stof
2,0	0	4,5	4,9	20,07	5,6	20,25
		5,3	5,2	20,06	5,6	18,96
		6,1	4,9	19,14	6,1	18,59
		6,9	6,1	19,03	5,6	18,10
		7,7	6,0	17,23	5,9	18,99
	250	4,5	5,6	19,45	5,4	18,44
		5,3	5,5	19,98	5,7	18,91
		6,1	4,9	18,72	5,6	17,79
		6,9	5,3	17,63	6,2	16,64
		7,7	6,6	17,82	6,0	16,85
3,0	0	4,5	4,0	22,01	3,9	21,46
		5,3	4,4	20,58	3,8	20,76
		6,1	4,5	20,41	4,6	19,07
		6,9	4,2	20,53	4,1	19,57
		7,7	4,1	19,76	4,1	19,77
	250	4,5	4,3	20,84	4,0	20,72
		5,3	3,8	21,68	3,9	19,51
		6,1	4,4	19,92	4,7	18,27
		6,9	3,7	19,52	4,2	18,78
		7,7	5,5	17,61	5,2	18,03
Significanties <sup>2</sup>						
	fP	***	***	***	***	***
	fy	NS	*	NS	***	***
	Ca	t	***	NS	***	***
	fP*fy	NS	NS	NS	NS	NS
	fP*Ca	NS	NS	NS	NS	NS
	fy*Ca	t	NS	NS	NS	NS
	fP*fy*Ca	NS	NS	NS	NS	NS
Kleinste significante verschillen						
	fP	0,39	0,55	0,35	0,61	0,61
	fy	0,39	0,55	0,35	0,61	0,61
	Ca	0,62	0,87	0,56	0,96	0,96
	fP*fy	0,55	0,78	0,50	0,86	0,86
	fP*Ca	0,87	1,23	0,79	1,36	1,36
	fy*Ca	0,87	1,23	0,79	1,36	1,36
	fP*fy*Ca	1,24	1,74	1,12	1,92	1,92

<sup>1,2</sup> Zie tabel 3

## Conclusies

- De fosforaanzet in de kuikens gedurende de tweede levensweek werd negatief beïnvloed door het laagste calciumgehalte in het voer (6,3 g/kg). Bij 7,4 g calcium/kg voer werd circa 50% van het opgenomen fosfor aangezet. Bij een toename van het calciumgehalte van 7,4 tot 10,7 g/kg voer werd geen verdere verbetering waargenomen. De fosforaanzet werd negatief beïnvloed door het fytaat-P-gehalte in het voer en positief door fytase toevoeging.
- Een toename van het calciumgehalte van 6,3 tot 10,7 g/kg voer resulteerde in een verslechtering van de relatieve calciumaanzet, maar in een verbetering van de absolute calciumaanzet (stijging van 210 tot 290 mg/dier). De effecten van het fytaat-P-gehalte en fytase-toevoeging op de calciumaanzet waren overeenkomstig de effecten op de fosforaanzet.
- De effecten van het fytaat-fosforgehalte in het voer en van fytasetoevoeging op de botparameters op 13 dagen leeftijd bleken overeenkomstig de waarnemingen van de calcium- en fosforaanzet in de kuikens in de tweede levensweek. Hoewel een calciumgehalte van 7,4 g/kg voer voldoende was voor een maximale fosforaanzet bleken het as- en calciumgehalte in de tibia en de breuksterkte van dit bot te verbeteren bij een verdere stijging in het calciumgehalte in het voer tot 8,5 g/kg.
- Op basis van de beschreven proef is een gehalte van 3,5 g opneembaar fosfor/kg in vleeskuikenvoerders van 0 tot 14 dagen leeftijd mogelijk marginaal geweest voor productie- en botkenmerken.
- De fosforabsorptie in vier weken oude vleeskuikens daalde van 72% tot 58% bij een stijging van het calciumgehalte in het voer van 4,5 tot 7,7 g/kg. De retentie van geabsorbeerd fosfor was daarentegen gestegen van 52% tot 90%.
- De optimale calcium/fosfor-verhouding op vier weken leeftijd was ongeveer 1,28 (op basis van opneembare mineralen), bij een calciumgehalte van 5,9 g/kg (voerders met 2,0 g fytaat-P/kg zonder toegevoegd microbieel fytase). De optimale totaal calcium/opneembaar fosfor (tCa/oP)-verhouding in dat voer was 2,2.
- Bij de voeders met 3,0 g fytaat-P/kg was het optimale calciumgehalte 6,4 g/kg voer (tCa/oP: 2,3). Het optimale calciumgehalte in het voer werd verlaagd door de uitwisseling van MCP-P tegen fytase.
- De genoemde calciumgehalten in het voer bij de optimale Ca/P-verhouding (op basis van opneembare mineralen) bleken afdoende voor een optimale botontwikkeling.
- De fosfor-equivalentie van fytase (bij 250 FTU/kg voer) was afhankelijk van het fytaat-P-gehalte van het voer (hogere equivalentie bij 3,0 g fytaat-P/kg voer t.o.v. 2,0 g fytaat-P/kg voer). Mogelijk is de hoeveelheid substraat limiterend geweest bij het lage fytaat-P niveau in het voer.

## Literatuur

- Berg, A.J. van den en F.R. Leenstra (1992). Natte mest bij leghennen: een fokkerijprobleem? In: Lezingen kontaktdag primaire sektor, 21 mei 1992, pp 33-45. Spelderholt uitgave 574.
- Klis, J.D. van der (1993). Physico-chemical chyme conditions and mineral absorption in broilers. Spelderholt uitgave 595.
- Klis, J.D. van der en H.A.J. Versteegh (1993). De opneembaarheid van fosfor in grondstoffen bij slachtkuikens. In: Stikstof en fosfor in de voeding van eenmagige landbouwhuisdieren in relatie tot de milieu-problematiek, pp 117-124. Produktschap voor Veevoeder, Kwaliteitsreeks nr. 25.
- Morrissey, R.L. and R.H. Wasserman (1971). Calcium absorption and calcium-binding protein in chicks on differing calcium and phosphorus intakes. *Am. J. Physiol.* 220: 1509-1515.
- Nelson, T.S., G.C. Harris, L.K. Kirby and Z.B. Johnson (1990). Effect of calcium and phosphorus on the incidence of leg abnormalities in growing broilers. *Poultry Sci.* 69: 1496-1502.
- Oshima, M., T.G. Taylor en A. Williams (1964). Variations in the concentration of phytic acid in the blood of domestic fowl. *Biochem. J.* 92: 42-46.
- Shafey, T.M., M.W. McDonald and P.A.E. Pym (1990). Effects of dietary calcium, available phosphorus and vitamin D on growth rate, food utilisation, plasma and bone constituents and calcium and phosphorus retention of commercial broiler strains. *Br. Poult. Sci.* 31: 597-602.
- Shafey, T.M., M.W. McDonald and J.G. Dingle (1991). Effects of dietary calcium and available phosphorus concentration on digesta pH and on the availability of calcium, iron, magnesium and zinc from the intestinal contents of meat chickens. *Br. Poult. Sci.* 32: 185-194.
- Wilson, J.H. (1991) Bone strength of caged layers as affected by dietary calcium and phosphorus concentrations, reconditioning, and ash content. *Br. Poult. Sci.* 32: 501-508.

## Bijlage 1

De procentuele grondstoffensamenstelling en berekende gehalten van de basisvoerders

Grondstof	Basisvoer <sup>1</sup>			
	A	B	C	D
mais	-	7,2	-	7,2
tapioca	41,4	25,2	41,4	25,2
sojaschroot, 46,7% re	36,5	34,2	36,5	34,2
zonnebloemzaadschroot	-	10,0	-	10,0
maiszetmeel	10,0	10,0	10,0	10,0
sojaolie	8,2	9,8	8,2	9,8
vitaminenpremix <sup>2</sup>	0,5	0,5	0,5	0,5
mineralenpremix <sup>3</sup>	1,0	1,0	1,0	1,0
lysine	0,06	-	0,06	-
methionine	0,43	0,28	0,43	0,28
threonine	0,02	-	0,02	-
arginine	0,13	-	0,13	-
krijt	-	0,10	-	0,10
monocalciumfosfaat	0,50	0,30	0,20	-
cellulose	-	0,16	-	0,16
<b>totaal</b>	<b>98,74</b>	<b>98,74</b>	<b>98,44</b>	<b>98,44</b>
<b>Berekende gehalten</b>				
OE, kcal/kg	3164	3166	3164	3166
lys, g/kg	12,2	12,2	12,2	12,2
met+cys, g/kg	9,1	9,1	9,1	9,1
Ca, g/kg	4,0	4,0	3,5	3,5
totaal P, g/kg	3,6	4,3	2,9	3,6
fytaat-P, g/kg	2,0	3,0	2,0	3,0

<sup>1</sup> De basisvoerders A en B verschillen van respectievelijk C en D in het gehalte monocalciumfosfaat

<sup>2</sup> Vitaminenpreparaat Farmix

<sup>3</sup> Samenstelling van het mineralenmengsel (%)

Maiszetmeel, 22,5; CaCO<sub>3</sub>, 44,0; NaCl, 25,0; FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, 4,0; CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O, 0,45; MnSO<sub>4</sub>.4H<sub>2</sub>O, 2,4; ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, 0,6; "KI+Se" preparaat, 1,05.

## Bijlage 2

De resultaten van de Weender analyse van de grondstoffen (g/kg produkt)

	droge stof	as	ruw eiwit	ruw vet	ruwe celstof	overige koolhydraten
Mais	886	11	88	42	17	728
Sojaschroot	894	61	467	20	34	312
Tapioca	899	47	32	8	37	775
Zonneblz schroot	901	69	300	29	226	277

De fosfor- (P), calcium- (Ca) en fytaat-fosfor (fP)-gehalten in de grondstoffen (g/kg produkt)

	P	fP	Ca
Mais	2,7	2,0	0,1
Sojaschroot	5,7	4,9	1,6
Tapioca	1,0	0,4	2,0
Zonneblz schroot	12,2	10,3	3,4
Monocalciumfosfaat	224,4	-	174,5

### Bijlage 3

De ingestelde proeffactoren (fytaat-fosfor (fP), opneembaar fosfor (oP), de toevoeging van microbiel fytase en de Ca/oP-verhouding) in de verschillende proefvoerders

Voer	Basisvoer	fP	oP <sup>1</sup>	fytase	Ca/oP
		g/kg		units/kg	
<i>proefvoerders van 0 tot 2 weken leeftijd</i>					
1	A	2,0	3,5	0	1,60
2		2,0	3,5	0	1,90
3		2,0	3,5	0	2,20
4		2,0	3,5	0	2,50
5		2,0	3,5	0	2,80
6		2,0	4,5 <sup>2</sup>	500	1,25
7		2,0	4,5 <sup>2</sup>	500	1,48
8		2,0	4,5 <sup>2</sup>	500	1,71
9		2,0	4,5 <sup>2</sup>	500	1,94
10		2,0	4,5 <sup>2</sup>	500	2,18
11	B	3,0	3,5	0	1,60
12		3,0	3,5	0	1,90
13		3,0	3,5	0	2,20
14		3,0	3,5	0	2,50
15		3,0	3,5	0	2,80
16		3,0	4,5 <sup>2</sup>	500	1,25
17		3,0	4,5 <sup>2</sup>	500	1,48
18		3,0	4,5 <sup>2</sup>	500	1,71
19		3,0	4,5 <sup>2</sup>	500	1,94
20		3,0	4,5 <sup>2</sup>	500	2,18
<i>proefvoerders van 2 tot 4 weken leeftijd</i>					
21	C	2,0	2,5	0	1,60
22		2,0	2,5	0	1,90
23		2,0	2,5	0	2,20
24		2,0	2,5	0	2,50
25		2,0	2,5	0	2,80
26		2,0	2,5 <sup>3</sup>	250	1,60
27		2,0	2,5 <sup>3</sup>	250	1,90
28		2,0	2,5 <sup>3</sup>	250	2,20
29		2,0	2,5 <sup>3</sup>	250	2,50
30		2,0	2,5 <sup>3</sup>	250	2,80
31	D	3,0	2,5	0	1,60
32		3,0	2,5	0	1,90
33		3,0	2,5	0	2,20
34		3,0	2,5	0	2,50
35		3,0	2,5	0	2,80
36		3,0	2,5 <sup>3</sup>	250	1,60
37		3,0	2,5 <sup>3</sup>	250	1,90
38		3,0	2,5 <sup>3</sup>	250	2,20
39		3,0	2,5 <sup>3</sup>	250	2,50
40		3,0	2,5 <sup>3</sup>	250	2,80

<sup>1</sup> Bij de berekening van het oP-gehalte in de proefvoerders zijn de volgende waarden voor de fosforopneembaarheid (%) uit de verschillende grondstoffen aangehouden: mais, 29; sojaschroot, 61; tapioca, 66; zonnebloemzaadschroot, 39; monocalciumfosfaat, 80

<sup>2</sup> Fytase is toegevoegd op basis van een equivalentie 250 units = 0,5 g oP

<sup>3</sup> Fytase is uitgewisseld op basis van een equivalentie 250 units = 0,5 g oP uit MCP

#### Bijlage 4

De ileale absorptie van kalium, gemeten bij vleeskuikens op 4,5 weken leeftijd en de magnesium- en kaliumretentie van vleeskuikens, gemeten van 3 tot 4 weken leeftijd (alle als % van de opname), bij verschillende gehalten fytaat-P, fytase en calcium in het voer<sup>1</sup>

Proefbehandeling			absorptie		retentie	
fP	fy	Ca	Mg	K	Mg	K
2,0	0	4,5	31,8	87,3	13,6	18,1
		5,3	28,7	86,1	10,6	17,2
		6,1	34,0	88,2	12,6	15,7
		6,9	29,8	86,4	11,8	18,6
		7,7	31,4	87,8	11,8	17,4
	250	4,5	30,6	89,0	11,4	17,3
		5,3	26,9	86,2	9,4	16,4
		6,1	28,0	87,0	7,0	20,7
		6,9	31,4	86,6	12,5	19,6
		7,7	30,1	87,6	9,2	18,3
3,0	0	4,5	27,4	85,8	8,8	16,3
		5,3	25,0	83,0	4,8	14,5
		6,1	22,4	84,7	3,7	13,5
		6,9	24,5	81,8	0,4	13,4
		7,7	22,6	82,6	0,9	13,5
	250	4,5	26,7	86,6	9,4	15,4
		5,3	25,9	82,9	5,4	16,6
		6,1	25,2	83,5	3,5	16,5
		6,9	29,6	84,3	7,9	18,1
		7,7	31,0	83,5	6,6	15,2
	fP		***	***	***	***
	fy		NS	NS	NS	*
	Ca		NS	***	***	NS
	fP*fy		***	NS	***	NS
	fP*Ca		NS	NS	NS	NS
	fy*Ca		*	NS	*	NS
	fP*fy*Ca		NS	NS	NS	NS
	fP		1,39	0,82	1,24	1,43
	fy		1,39	0,82	1,24	1,43
	Ca		2,19	1,30	1,96	2,26
	fP*fy		1,96	1,16	1,76	2,02
	fP*Ca		3,10	1,84	1,78	3,19
	fy*Ca		3,10	1,84	2,78	3,19
	fP*fy*Ca		4,38	2,60	3,93	4,52

<sup>1,2</sup> Zie tabel 3

Bijlage met behandelingsgemiddelden per hoofdeffect

De gewichtstoename (gewicht), voer- (voer) en wateropname (water) (alle in g/dier/periode), de voederconversie (vc) en water/voer-verhouding (wv) (beide in g/g) van vleeskuikens, gemeten van 0-2 weken leeftijd, bij verschillende gehalten aan fytaat-P (fP), fytase (fy) en calcium (Ca) in het voer (behorend bij tabel 3).

		leeftijd 0-2 weken				
		gewicht	voer	water	vc	wv
fP	2,0	277	404	896	1,45	2,25
fP	3,0	264	379	906	1,43	2,38
<i>Ksv (P ≤ 0,05)</i>		4	5	-	0,013	0,054
fy	0	265	387	902	1,46	2,33
fy	500	276	396	899	1,42	2,30
<i>Ksv (P ≤ 0,05)</i>		4	5	-	0,013	-
Ca	6,3	269	397	909	1,48	2,29
Ca	7,4	272	394	nb	1,44	nb
Ca	8,5	270	393	886	1,43	2,28
Ca	9,6	272	388	nb	1,43	nb
Ca	10,7	269	385	907	1,42	2,38
<i>Ksv (P ≤ 0,05)</i>		-	8	-	0,021	0,066

*Ksv*, Kleinste significante verschil tussen twee gemiddelden, niet gegeven bij afwezigheid significante verschillen ( $P > 0,05$ ); nb, niet bepaald



### Bijlage met behandelingsgemiddelden per hoofdeffect

De gemeten fosfor- en calciumretentie (als % van de opname en in mg/dier/periode) en de verhouding tussen de Ca- en P-aanzet bij vleeskuikens, gemeten van 1 tot 2 weken leeftijd, bij verschillende gehalten aan fytaat-P (fP), fytase (fy) en calcium (Ca) in het voer (behorend bij tabel 4).

		leeftijd 1-2 weken				
		P (%)	Ca (%)	P (mg)	Ca (mg)	Ca/P
fP	2,0	51,3	43,5	199	262	1,30
fP	3,0	47,1	43,8	191	241	1,26
<i>Ksv (P ≤ 0,05)</i>		1,0	-	6	7	0,02
fy	0	47,3	41,3	183	233	1,26
fy	500	51,2	45,9	207	269	1,30
<i>Ksv (P ≤ 0,05)</i>		1,0	1,2	6	7	0,02
Ca	6,3	45,9	48,3	184	209	1,14
Ca	7,4	50,2	47,6	201	244	1,22
Ca	8,5	50,0	43,2	196	244	1,24
Ca	9,6	50,1	40,7	197	269	1,36
Ca	10,7	50,0	38,5	197	290	1,45
<i>Ksv (P ≤ 0,05)</i>		1,5	1,8	9	12	0,03

*Ksv*, zie tabel 3

### Bijlage met behandelingsgemiddelden per hoofdeffect

De vervrije gewichten van de tibia's (g), de as-, fosfor- en calciumgehalten in het bot (% van vervrije droge stof), het botvolume (cm<sup>3</sup>) en de botbreuksterkte (kg) bij vleeskuikens, gemeten bij twee weken oude kuikens, bij verschillende gehalten aan fytaat-P (fP), fytase (fy) en calcium (Ca) in het voer (behorend bij tabel 5).

		leeftijd 2 weken					
		gewicht	as	P	Ca	volume	breuksterkte
fP	2,0	0,75	39,0	7,8	14,4	1,82	5,26
fP	3,0	0,72	37,4	7,4	13,8	1,78	4,61
<i>Ksv (P ≤ 0,05)</i>		<i>0,02</i>	<i>0,5</i>	<i>0,2</i>	<i>0,3</i>	-	<i>0,20</i>
fy	0	0,70	37,2	7,4	13,7	1,74	4,47
fy	500	0,77	39,1	7,8	14,5	1,86	5,40
<i>Ksv (P ≤ 0,05)</i>		<i>0,02</i>	<i>0,5</i>	<i>0,2</i>	<i>0,3</i>	<i>0,05</i>	<i>0,20</i>
Ca	6,3	0,72	35,7	7,0	12,8	1,78	4,38
Ca	7,4	0,75	37,8	7,8	14,1	1,87	4,82
Ca	8,5	0,74	39,1	7,6	14,5	1,76	5,10
Ca	9,6	0,74	39,2	8,0	14,7	1,80	5,02
Ca	10,7	0,75	39,1	7,6	14,5	1,80	5,34
<i>Ksv (P ≤ 0,05)</i>		-	<i>0,8</i>	<i>0,4</i>	<i>0,4</i>	-	<i>0,32</i>

*Ksv*, zie tabel 3.

### Bijlage met behandelingsgemiddelden per hoofdeffect

De gewichtstoename (gewicht), voer- (voer) en wateropname (water) (alle in g/dier/periode), de voederconversie (vc) en water/voer-verhouding (wv) (beide in g/g) van vleeskuikens, gemeten van 2-4 weken leeftijd, bij verschillende gehalten aan fytaat-P (fP), fytase (fy) en calcium (Ca) in het voer (behorend bij tabel 6).

		leeftijd 2-4 weken				
		gewicht	voer	water	vc	wv
fP	2,0	751	1283	2760	1,71	2,19
fP	3,0	596	1025	2470	1,73	2,37
<i>Ksv (P ≤ 0,05)</i>		18	24	67	-	0,053
fy	0	673	1152	2526	1,72	2,22
fy	250	674	1156	2708	1,72	2,33
<i>Ksv (P ≤ 0,05)</i>		-	-	67	-	0,053
Ca,	4,5	642	1121	2528	1,75	2,24
Ca	5,3	673	1160	nb	1,73	nb
Ca	6,1	693	1178	2612	1,70	2,24
Ca	6,9	676	1165	nb	1,73	nb
Ca	7,7	683	1147	2710	1,70	2,36
<i>Ksv (P ≤ 0,05)</i>		28	-	88	0,034	0,065

*Ksv*, zie tabel 3

### Bijlage met behandelingsgemiddelden per hoofdeffect

De gemeten fosfor- en calciumretentie (als % van de opname en mg/periode) en de verhouding tussen de Ca- en P-aanzet bij vleeskuikens, gemeten van 3-4 weken leeftijd, bij verschillende gehalten aan fytat-P (fP), fytase (fy) en calcium (Ca) in het voer (behorend bij tabel 7).

		leeftijd 3-4 weken				
		P (%)	Ca (%)	P (mg)	Ca (mg)	Ca/P
fP	2,0	56,2	46,6	215	280	1,30
fP	3,0	49,4	48,0	179	233	1,29
<i>Ksv (P ≤ 0,05)</i>		<i>0,9</i>	<i>1,0</i>	<i>6</i>	<i>10</i>	<i>-</i>
fy	0	49,9	47,7	202	259	1,28
fy	250	55,7	47,0	192	254	1,31
<i>Ksv (P ≤ 0,05)</i>		<i>0,9</i>	<i>-</i>	<i>6</i>	<i>-</i>	<i>0,02</i>
Ca	4,5	53,3	55,8	192	220	1,14
Ca	5,3	53,8	51,8	199	249	1,25
Ca	6,1	53,2	45,9	208	264	1,25
Ca	6,9	52,8	43,8	197	275	1,41
Ca	7,7	51,0	39,3	190	275	1,42
<i>Ksv (P ≤ 0,05)</i>		<i>1,3</i>	<i>1,6</i>	<i>10</i>	<i>16</i>	<i>0,03</i>

*Ksv*, zie tabel 3

### Bijlage met behandelingsgemiddelden per hoofdeffect

De ileale absorptie van droge stof, fosfor en calcium (als % van de opname) bij vleeskuikens, gemeten op 4,5 week leeftijd, bij verschillende gehalten aan fytaat-P (fP), fytase (fy) en calcium (Ca) in het voer (behorend bij tabel 8).

		leeftijd 4,5 week		
		droge stof	P	Ca
fP	2,0	76,2	64,9	56,7
fP	3,0	72,4	59,6	58,1
<i>Ksv (P ≤ 0,05)</i>		0,4	1,3	-
fy	0	74,3	61,0	57,0
fy	250	74,3	63,5	57,8
<i>Ksv (P ≤ 0,05)</i>		-	1,3	-
Ca	4,5	74,0	72,2	60,7
Ca	5,3	74,4	63,8	58,4
Ca	6,1	73,6	59,7	55,8
Ca	6,9	74,8	57,2	56,0
Ca	7,7	74,7	58,4	55,9
<i>Ksv (P ≤ 0,05)</i>		0,6	2,0	2,7

*Ksv*, zie tabel 3

Bijlage met behandelingsgemiddelden per hoofdeffect

De vervrije gewichten van de tibia's (g), de as-, fosfor- en calciumgehalten in het bot (%), het botvolume (cm<sup>3</sup>) en de botbreuksterkte (kg) bij vleeskuikens, gemeten bij 4,5 week oude kuikens, bij verschillende gehalten aan fytaat-P (fP), fytase (fy) en calcium (Ca) in het voer (behorend bij tabel 10).

		leeftijd 4,5 week					
		gewicht	as	P	Ca	volume	breuksterkte
fP	2,0	4,83	31,2	5,9	12,4	10,77	19,77
fP	3,0	4,25	29,1	5,6	12,0	9,62	15,64
<i>Ksv (P ≤ 0,05)</i>		<i>0,34</i>	<i>1,75</i>	<i>0,28</i>	-	<i>0,28</i>	<i>1,40</i>
fy	0	4,45	30,4	5,8	12,3	10,05	17,95
fy	250	4,63	29,9	5,7	12,1	10,34	17,47
<i>Ksv (P ≤ 0,05)</i>		-	-	-	-	<i>0,28</i>	-
Ca	4,5	4,32	29,6	5,8	11,9	9,78	14,99
Ca	5,3	4,39	30,9	5,9	12,4	10,23	16,70
Ca	6,1	4,94	28,8	5,5	11,9	10,14	18,73
Ca	6,9	4,34	31,9	6,0	12,8	10,50	19,90
Ca	7,7	4,70	29,5	5,6	12,1	10,32	18,21
<i>Ksv (P ≤ 0,05)</i>		-	-	-	-	<i>0,46</i>	<i>2,20</i>

*Ksv*, zie tabel 3

### Bijlage met behandelingsgemiddelden per hoofdeffect

De consistentie (score<sup>1</sup>) en het droge stof gehalte (%) van de mest van vleeskuikens, gemeten op 18 en 20 dagen leeftijd, bij verschillende gehalten aan fytaat-P (fP), fytase (fy) en calcium (Ca) in het voer (behorend bij tabel 11).

		leeftijd 18 dagen		leeftijd 20 dagen	
		consistentie	droge stof	consistentie	droge stof
fP	2,0	5,60	18,92	5,75	18,35
fP	3,0	4,29	20,29	4,22	19,59
<i>Ksv (P ≤ 0,05)</i>		<i>0,39</i>	<i>0,55</i>	<i>0,35</i>	<i>0,61</i>
fy	0	4,83	19,88	4,90	19,55
fy	250	5,06	19,32	5,07	18,39
<i>Ksv (P ≤ 0,05)</i>		<i>0,39</i>	<i>0,55</i>	<i>0,35</i>	<i>0,61</i>
Ca	4,5	4,70	20,59	4,70	20,22
Ca	5,3	4,72	20,58	4,72	19,53
Ca	6,1	4,92	19,55	5,22	18,43
Ca	6,9	4,82	19,18	5,02	18,27
Ca	7,7	5,55	18,11	5,25	18,41
<i>Ksv (P ≤ 0,05)</i>		<i>0,62</i>	<i>0,87</i>	<i>0,56</i>	<i>0,96</i>

Ksv, zie tabel 3; <sup>1</sup> Score 1-9 van extreem droog, korrelig tot extreem nat.