

**De afbraak van fytaat-fosfor in het maag-darmkanaal van vleeskuikens in afhankelijkheid van grondstof, opneembaar fosfor en calciumgehalte.**

**J.D. van der Klis en H.A.J. Versteegh**

Spelderholt Uitgave no. 637

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 Lelystad

December 1995

**Projectnummer** : 200.45006.02 (voorheen 1039.04)  
**Projectleider** : Dr.ir. J.D. van der Klis  
**Assistent onderzoeker** : H.A.J. Versteegh  
**Overige medewerkers** : Dr. K.D. Bos  
Ing. A.J.N. Bisalsky  
Ing. H.A. Goedhart  
F.A. Hendricks  
W. Jacobsen  
B. van de Kamp  
H. Steunenberg  
A. van Voorst  
E.J. de Weerd  
R.G. Woudstra  
H.M. Zweers

## INHOUDSOPGAVE

Samenvatting .....	1
Inleiding .....	2
Materiaal en Methode .....	4
Statistische analyse .....	7
Resultaten en discussie .....	8
Technische resultaten .....	8
Skeletkwaliteit .....	11
Absorptie en opneembaarheid van fosfor en calcium .....	13
Afbraak van inositolfosfaten .....	18
Discussie algemeen .....	18
Conclusies .....	19
Literatuur .....	19

## SAMENVATTING

Op het ID-DLO (voorheen het COVP-DLO) te Beekbergen is sinds 1987 onderzoek uitgevoerd naar de opneembaarheid van fosfor voor vleeskuikens uit grondstoffen van plantaardige en dierlijke oorsprong en uit voederfosfaten. Het doel van dit onderzoek is geweest om een tabel met fosforopneembaarheden voor vleeskuikens samen te stellen. Op basis van een dergelijke tabel kan de fosforverstrekking via het voer beter afgestemd worden op de behoefte van het dier.

Tijdens genoemd onderzoek is gebleken dat de fosforopneembaarheid in plantaardige grondstoffen bij vleeskuikens groter was dan verwacht op basis van het aandeel fytaat-fosfor in die grondstoffen. Dit is vermoedelijk veroorzaakt door afbraak van fytaat-fosfor. Indien deze afbraak van fytaat-fosfor alleen onder de gekozen en gestandaardiseerde proefomstandigheden optreedt -en niet onder praktijkomstandigheden- wordt de fosforopneembaarheid in plantaardige grondstoffen bij vleeskuikens overschat. Een te hoge inschatting zou in de praktijk kunnen leiden tot een marginale of zelfs te lage fosforvoorziening van de kuikens.

Om meer duidelijkheid te krijgen over de mogelijke afbraak van fytaat-fosfor door vleeskuikens is aanvullend onderzoek uitgevoerd. Hierbij zijn de grondstoffen sojaschroot en erwten gebruikt. Het voederfosfaat monocalciumfosfaat is als referentiefosfaat in de proef opgenomen. De tot dusver in het onderzoek toegepaste balansmethodiek voor meting van de fosforopneembaarheid, is ook bij deze proef gebruikt. Verder is de afbraak van fytaat-fosfor (IP-6 en IP-5; lagere IP's lagen onder de analytische detectiegrens) en de absorptie van fosfor en calcium op ileaal niveau gemeten en zijn de hoeveelheden van fosfor en calcium in de tibia's (aanzet in het skelet) vastgesteld.

In het onderzoek zijn twee opneembare fosforgehaltes toegepast van 1,8 g/kg en 3,0 g/kg bij een calciumgehalte van 5,0 g/kg voer. Bovendien is dit calciumgehalte van 5,0 g/kg vergeleken met een calciumgehalte van 8,3 g/kg voer bij het hogere opneembare fosforgehalte van 3,0 g/kg. Totaal zijn in deze proef negen voeders gebruikt.

Gebleken is dat vleeskuikens van circa 4 weken leeftijd een substantieel deel van het fytaat-fosfor kunnen afbreken en benutten. De afbraak van IP-6 was bij sojaschroot significant hoger dan bij erwten en negatief gecorreleerd met een stijging van het opneembare fosforgehalte in het voer, terwijl dit bij erwten onafhankelijk daarvan was. Ook bij een verhoging van het calciumgehalte in het voer van 5,0 g/kg naar 8,3 g/kg daalde de IP-6 afbraak. Zelfs onder meer praktische omstandigheden (3,0 g/kg opneembaar fosfor en 8,3 g/kg calcium) was de IP-6 afbraak echter nog aanzienlijk: bij sojaschroot werd nog circa 36% en bij erwten nog 28% van het IP-6 afgebroken.

Het vermoeden bestaat dat deze afbraak van fytaat-fosfor leeftijdsafhankelijk kan zijn, waarbij oudere kuikens beter in staat zijn om fytaat-fosfor af te breken dan jongere vleeskuikens.

## INLEIDING

Fosfor (P) is een essentieel element in de energie-stofwisseling van planten en dieren. Daarnaast is fosfor noodzakelijk voor de botopbouw. De hoeveelheid fosfor, die pluimvee nodig heeft voor onderhoud, groei en eiproduktie is gepubliceerd in het WPSA journal (1985). Fosfor wordt via het voer verstrekt en is afkomstig uit grondstoffen van plantaardige en dierlijke oorsprong en uit voederfosfaten. Het grootste deel (circa twee derde) van het fosfor in plantaardige grondstoffen is gebonden in fytaat (zout van inositolfosfaat). Inositolfosfaat bevat maximaal zes (IP-6) en minimaal één fosfaatmolekuul (IP-1). De fractie fytaat-P kan tussen grondstoffen variëren (Sauveur, 1993). Dit fytaat-P wordt niet beschikbaar verondersteld voor éénmagige dieren, en zou ongebruikt in de mest worden uitgescheiden. Van het overige deel wordt aangenomen dat het volledig beschikbaar is, evenals fosfor in grondstoffen van dierlijke oorsprong en in voederfosfaten. Het beschikbaar fosforgehalte (BP) wordt berekend als "totaal fosfor minus fytaat-fosfor". Dit is slechts een ruwe rekenregel, die kan worden gebruikt indien een ruime veiligheidsmarge in het fosforgehalte van de voeders wordt aangehouden.

Het fosforgehalte in de mest en urine kan worden verlaagd door de fosforverstrekking via het voer beter af te stemmen op de behoefte van het dier in de verschillende leeftijdsfasen, aangezien het fosfor, dat door het maagdarkanaal is opgenomen maar niet door de dieren wordt benut, alsnog via de urine wordt uitgescheiden. Dit is mogelijk door de opneembaarheid van fosfor in het voer te verbeteren (via gerichte grondstoffenkeuze), of door de toevoeging van microbiële fytase aan het voer (Simons en Versteegh, 1993). Een reductie van het fosforgehalte in vleeskuikenvoeders via grondstoffenkeuze kan alleen verantwoord worden doorgevoerd (met als uitgangspunt dat de fosforvoorziening niet in gevaar mag komen), indien de absorptie van fosfor uit het maagdarkanaal in veel gebruikte grondstoffen bekend is (opneembaar fosfor; oP).

Sinds 1987 is er op het ID-DLO (voorheen het COVP-DLO "Het Spelderholt") onderzoek uitgevoerd bij vleeskuikens naar de opneembaarheid van fosfor uit grondstoffen van plantaardige en dierlijke oorsprong en uit voederfosfaten (Van der Klis en Versteegh, 1993), teneinde een tabel met fosforopneembaarheden voor pluimvee samen te stellen. Bij het onderzoek naar de fosforopneembaarheid uit veevoedergrondstoffen voor vleeskuikens is gekozen voor een balansmethodiek, waarin het verschil tussen fosforopname en fosforuitscheiding is bepaald in een leeftijdsperiode van 21 tot 24 dagen.

Aangezien bij pluimvee de mest en de urine gezamenlijk worden uitgescheiden, zal de fosforbalans alleen dan een goede benadering zijn van de fosforabsorptie uit het maagdarkanaal (de fosforopneembaarheid), indien de uitscheiding van fosfor via de urine minimaal is. Dit is gerealiseerd door de kuikens een voer te verstrekken met een laag opneembaar fosforgehalte (circa 1,8 g/kg oP, hetgeen onder de fosforbehoefte van de kuikens op die leeftijd ligt).

Uit het onderzoek zijn duidelijke aanwijzingen verkregen dat vleeskuikens op deze lage

opneembare fosforniveaus in het voer in staat zijn een deel van de fytaat (inositolfosfaten) uit het voer af te breken en de vrijgemaakte fosfor te absorberen. Dit is te zien in tabel 1, bij die grondstoffen waarbij de som van fytaat-P en opneembaar P (beide als % van totaal P) groter is dan 100%.

**Tabel 1** De gemeten opneembaarheid van fosfor, het gehalte fytaat-fosfor en de som van beide (alle als percentage van het totaal fosforgehalte in het voer) in een aantal plantaardige grondstoffen\*

Grondstof	Opneembaarheid	Fytaat-P	Som
	P	(als % van totaal P)	
Erwten	41	63	104
Lupinen	72	49	121
Mais	29	76	105
Rijstevoermeel	16	82	98
Sojabonen	54	64	118
Sojaschroot (47,6% re)	61	61	122
Zonnebloemzaadschroot	38	65	103

\* De waarden zijn ontleend aan Van der Klis en Versteegh (1993)

Indien dit alleen onder standaard proefcondities optreedt worden de fosforopneembaarheden in plantaardige grondstoffen door deze afbraak van fytaat-fosfor mogelijk overschat. Aangezien niet duidelijk is in hoeverre vleeskuikens op adequate fosforniveaus eveneens fytaat-P kunnen benutten, kunnen de resultaten van het uitgevoerde onderzoek niet zondermeer in de praktijk worden gebruikt. Een te hoge inschatting van de fosforopneembaarheden in de plantaardige grondstoffen leidt immers tot een marginale of zelfs te lage fosforvoorziening van de kuikens. Het gebruik van de tot dusver verkregen proefresultaten bij het berekenen van de fosforopneembaarheid in een vleeskuikenvoer geeft gemiddeld een 10-15% hogere waarde dan de berekening op basis van de veronderstelling dat fytaat-P niet opneembaar is voor vleeskuikens en de opneembaarheid van anorganisch fosfor 80% bedraagt (waarde voor monocalciumfosfaat). Bovendien verschilt de ranking tussen grondstoffen in beide situaties, waardoor het verschil in berekende fosforopneembaarheid niet via een verandering van de behoeftenormen voor vleeskuikens is te onder-  
vangen.

Op basis van de plantaardige grondstoffen sojaschroot en erwten (met monocalciumfosfaat als referentie) is getracht de volgende vragen met het in dit verslag beschreven onderzoek te beantwoorden:

1. Wordt fosfor uit fytaat vrijgemaakt door microbiële activiteit (in de krop en de maag) of

- door dier-eigen enzymen in de darm (bijv. alkalische fosfatases)?
2. Kunnen kuikens op hogere fosforniveaus in het voer fosfor uit fytaat vrijmaken en dat absorberen in het maagdarmkanaal, of treedt dit alleen op bij marginale fosforvoorziening?
  3. Zijn de kuikens bij iedere plantaardige grondstof even goed in staat fytaat-fosfor vrij te maken, of verschilt dat per grondstof?

## **MATERIAAL EN METHODE**

Het onderzoek is uitgevoerd met 648 Hybro haankuikens. Deze zijn als ééndagskuikens geplaatst in twee afdelingen van de klimaatstal, met per afdeling 18 drie etage batterijkooien voor verteringsonderzoek (18 kuikens per kooi, met een oppervlakte van 0,45 m<sup>2</sup>). Het aantal kuikens werd op 10 dagen leeftijd teruggebracht naar 16 kuikens per kooi en op 17 en 24 dagen leeftijd naar respectievelijk 15 en 13 kuikens per kooi. Op de eerste dag zijn de kuikens geënt tegen infectieuze bronchitis (IB) en pseudovogelpes (NCD) en op 17 dagen leeftijd tegen Gumboro. De verwarming van de proefstal vond plaats door middel van ruimteverwarming. De temperatuur in de proefstal is tijdens de proefperiode geleidelijk van 33 naar 22 graden Celsius verlaagd. De relatieve luchtvochtigheid werd op minimaal 55% gehouden.

De eerste drie dagen is de stalruimte continu verlicht, daarna is tot 24 dagen leeftijd een lichtschema van één uur licht afgewisseld met drie uur donker toegepast. Vanaf 24 dagen leeftijd is de stalruimte opnieuw continu verlicht, om een zo frequent mogelijke voeropname van de kuikens mogelijk te maken in verband met de meting van de ileale calcium- en fosforabsorptie.

Aan de kuikens is gedurende de eerste 10 dagen (voorperiode) bedrijfsvleeskuikenvoer in korrelvorm verstrekt. Na deze voorperiode zijn de gepelleteerde (3 mm korrel) proefvoerders verstrekt. Voer en water stonden vrij aan de kuikens ter beschikking.

In de proef zijn de grondstoffen sojaschroot (45,0% re) en erwten onderzocht. Het voederfosfaat monocalciumfosfaat is gebruikt als referentie. De beide plantaardige grondstoffen zijn gekozen op grond van verschillen in veronderstelde afbraak van fytaat-fosfor (tabel 1).

Monocalciumfosfaat, sojaschroot en erwten zijn in negen proefvoerders met elkaar vergeleken bij:

- Een tweetal oP-niveaus in het voer van respectievelijk 1,8 g/kg en 3,0 g/kg.
- Een gelijk calciumgehalte in het voer (5,0 g/kg Ca), zoals dit ook bij de tot dusver gebruikte methodiek is gebeurd.

- Een gelijke Ca/oP-verhouding in het voer, aangezien de Ca/oP-verhouding de fosforopneembaarheid eveneens kan beïnvloeden. Het calciumgehalte bij het hoge oP-niveau is daarom aangepast om dezelfde Ca/oP-verhouding te realiseren als bij het lage oP-niveau.

Het proefschema is schematisch weergegeven in tabel 2.

**Tabel 2** Proefschema

Proefvoer	P-bron	oP-gehalte (g/kg)	Ca-gehalte (g/kg)	Ca/oP- verhouding
1	Monocalciumfosfaat	1,8	5,0	2,8
2	Monocalciumfosfaat	3,0	5,0	1,7
3	Monocalciumfosfaat	3,0	8,3	2,8
4	Sojaschroot	1,8	5,0	2,8
5	Sojaschroot	3,0	5,0	1,7
6	Sojaschroot	3,0	8,3	2,8
7	Erwten	1,8	5,0	2,8
8	Erwten	3,0	5,0	1,7
9	Erwten	3,0	8,3	2,8

Bij de berekening van het oP-gehalte in de proefvoeders is op grond van de resultaten van eerder onderzoek uitgegaan van een geschatte fosforopneembaarheid van 80% voor monocalciumfosfaat van 61% voor sojaschroot en van 41% voor erwten (Van der Klis en Versteegh, 1993).

Het hoge oP-niveau is gerealiseerd door toevoeging van monocalciumfosfaat aan de voeders. Het gewenste calciumgehalte is ingesteld m.b.v. krijt. Door het lage geschatte oP-gehalte van de partij erwten (1,8 g/kg) is ook bij het lage oP-niveau aanvullend monocalciumfosfaat toegevoegd om een extreem hoog verwerkingspercentage van de erwten te vermijden. De OE-waarde van de proefvoeders is gestandaardiseerd op 13,2 MJ/kg (3160 kcal/kg). Waar nodig zijn synthetische aminozuren aan de proefvoeders toegevoegd om aan de behoefte aan essentiële aminozuren te voldoen. De voedersamenstellingen en de gebruikte vitaminen- en mineralenpremixen zijn in respectievelijk de bijlagen 1 en 2 vermeld. In de proefvoeders 1-3 is een mineralenpremix gebruikt, die is aangepast voor semi-synthetische voeders.

De vitaminenpremix is voor alle voeders identiek geweest. Aan de vitaminenpremix (van Farnix) is in alle proefvoeders inositol en biotine toegevoegd, zoals gebruikelijk is bij semi-synthetische voeders. Aan de voeders is bovendien 1,5 g Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/kg voer toegevoegd als inerte indicator. De proefvoeders zijn gepelleteerd en zijn in viervoud onderzocht.

In de onderzochte fosforbronnen zijn de gehalten aan droge stof, totaal fosfor, fytaatfosfor en calcium bepaald. De gehalten fytaat-fosfor zijn bepaald met behulp van de



ijzerprecipitatie methode (Thompson en Erdman, 1982). De resultaten van deze analyses zijn gegeven in tabel 3.

**Tabel 3** Geanalyseerde gehalten aan droge stof, totaal fosfor, fytaat-fosfor en calcium in de onderzochte fosforbronnen (g/kg produkt).

P-bron	Droge stof	Totaal P	Fytaal P	Ca
Monocalciumfosfaat	965,0	219,0	-	170,0
Sojaschroot	895,0	7,0	4,6	2,7
Erwten	896,9	4,2	2,4	0,8

In de plantaardige grondstoffen is een Weende-analyse uitgevoerd. De resultaten zijn gegeven in tabel 4.

**Tabel 4** Weende-analyse van de onderzochte plantaardige grondstoffen (g/kg produkt).

Grondstof	vocht	as	re	rvet	rc	ok*
Sojaschroot	113	67	450	22	38	310
Erwten	114	27	195	18	54	592

\* restpost

De geanalyseerde gehalten aan droge stof, totaal fosfor, fytaat-fosfor (volgens de ijzerprecipitatie methode) en calcium in de proefvoerders zijn in tabel 5 vermeld.

**Tabel 5** Geanalyseerde gehalten aan droge stof, totaal fosfor, fytaat-fosfor en calcium in de proefvoerders (g/kg voer)

Proef-voer	P-bron	Droge stof	Totaal P	Fytaal P	Ca
1	Monocalciumfosfaat	934,4	2,3	0,1	5,2
2	Monocalciumfosfaat	933,9	3,7	0,2	5,2
3	Monocalciumfosfaat	934,8	3,9	0,2	8,2
4	Sojaschroot	938,2	3,3	2,0	5,2
5*	Sojaschroot	939,0	4,1	2,0	5,4
6*	Sojaschroot	936,8	4,3	2,2	8,7
7*	Erwten	940,3	3,9	1,5	5,3
8*	Erwten	941,0	5,1	1,7	5,5
9*	Erwten	932,3	4,8	1,8	8,5

\* Aan deze voeders is monocalciumfosfaat toegevoegd om het gewenste oP-gehalte (zie tabel 2) te realiseren.

De fosfor- en calciumopneembaarheid op mestniveau is bepaald volgens de gebruikelijke balansmethode (Simons en Versteegh, 1990).

Op 28 en 29 dagen leeftijd zijn de kuikens gedood voor het bepalen van de calcium- en fosforabsorptie op ileaal niveau en van de IP-afbraak in krop, maag en darm. De kuikens uit de eerste afdeling zijn kooi voor kooi gedood op dag 28 en de kuikens uit de tweede afdeling op dag 29. Zij werden direkt voorafgaand aan het doden uit de kooi gehaald en intraveneus ingespoten met een euthanaticum T61. Vervolgens werd het maagdarmkanaal uit het kuiken gehaald en opgedeeld voor het verzamelen van monsters. Voor bepaling van de fosfor- en calciumabsorptie in de darm werd de ileuminhoud bemonsterd uit de laatste 15 cm van de dunne darm vanaf 1 cm boven de aanhechting van de caeca (Van der Klis, 1993). Op ileaal niveau is ook de afbraak van inositol-hexafosfaat (IP-6) en inositol-pentafosfaat (IP-5) bepaald. De IP-6 en IP-5 analyses zijn door TNO-Voeding uitgevoerd (methode Bos en Wolters, 1987). Het gehalte aan deze inositolfosfaten is eveneens bepaald in de inhoud van krop en maag. Alle chymusmonsters werden na het verzamelen ingevroren, gevriesdroogd en voorafgaand aan de analyse gemalen.

Van 7 kuikens per kooi zijn de rechter tibia's verwijderd voor het bepalen van de fosfor- en calciumgehalten in de tibia's en van het tibia-asgehalte. De kuikens zijn gewogen op 10 en 24 dagen leeftijd. In de tussenliggende periode zijn de groei en de voeropname van de kuikens per kooi vastgesteld.

## STATISTISCHE ANALYSE

De proef is uitgevoerd in twee afdelingen met elk 18 batterijkooien. Per afdeling zijn alle proefvoerders in tweevoud at random aan de kooien toegewezen. De groei, voeropname, voederconversie, skeletkwaliteit, de ileale absorptie van fosfor en calcium, de afbraak van IP-6 en de opneembaarheid van fosfor en calcium op mestniveau zijn geanalyseerd door middel van variantie-analyses met de volgende modellen.

$$Y_{ij} = \mu + Afd_i + Voer_j + e_{ij} \text{ (proefvoerders 1-9)}$$

$$Y_{ikl} = \mu + Afd_i + P_k + oP_l + Px oP_{kl} + e_{ikl} \text{ (proefvoerders 1, 2, 4, 5, 7 en 8).}$$

$$Y_{ikm} = \mu + Afd_i + P_k + Ca_m + Px Ca_{km} + e_{ikm} \text{ (proefvoerders 2, 3, 5, 6, 8 en 9).}$$

Y = de gemeten waarde

$\mu$  = algemeen gemiddelde

Afd = effect van afdeling (i = 1,2)

Voer = effect van voer (j = 1...9)

P = effect van fosforbron (k = 1...3)

oP = effect van oP-gehalte (l = 1, 2)

Ca = effect van Ca-gehalte (m = 1, 2)

e = toevalsbijdrage

Px<sub>o</sub>P en Px<sub>Ca</sub> zijn de interacties van de fosforbron met respectievelijk het oP-gehalte en het Ca-gehalte.

## **RESULTATEN EN DISCUSSIE**

In de tabellen 6 - 8 worden de belangrijkste resultaten vermeld en besproken. Indien hierbij van belang zullen tevens de bijlagen 3 - 5 bij deze bespreking worden betrokken. In deze bijlagen zijn de via het eerste statistische model verkregen resultaten, waarin de negen proefvoeders met elkaar worden vergeleken, vermeld.

Als spreidingsmaat is de SED-waarde vermeld. Dit is de standaardafwijking van het verschil tussen twee gemiddelden.

## **TECHNISCHE RESULTATEN**

In de tabellen 6a en 6b en in bijlage 3 is de groei, het voerverbruik en de voederconversie van de kuikens vermeld van 10-24 dagen leeftijd.

**Tabel 6a** Groei van de kuikens (g/14 dagen), voerverbruik (g/dier.dag) en voederconversie (kg voer/kg groei) bij twee oP-gehalten en 5,0 g/kg Ca in de proefvoerders

Grondstof	oP (g/kg)	Groei	Voerverbruik	Voederconversie
MCP	1,8	577 <sup>b</sup>	71,5 <sup>bc</sup>	1,73 <sup>a</sup>
	3,0	560 <sup>b</sup>	69,1 <sup>b</sup>	1,73 <sup>a</sup>
	gem.	568 <sup>A</sup>	70,3 <sup>A</sup>	1,73 <sup>A</sup>
Sojaschroot	1,8	507 <sup>a</sup>	61,5 <sup>a</sup>	1,70 <sup>ab</sup>
	3,0	636 <sup>c</sup>	72,2 <sup>bc</sup>	1,59 <sup>c</sup>
	gem.	572 <sup>A</sup>	66,9 <sup>A</sup>	1,65 <sup>B</sup>
Erwten	1,8	642 <sup>c</sup>	73,2 <sup>bc</sup>	1,60 <sup>c</sup>
	3,0	644 <sup>c</sup>	76,6 <sup>c</sup>	1,67 <sup>b</sup>
	gem.	643 <sup>B</sup>	74,9 <sup>B</sup>	1,63 <sup>B</sup>
Gemiddeld	1,8	575	68,7	1,68
	3,0	613	72,6	1,66
oP-gehalte	SSD	*	*	NS
	SED	13,0	1,48	0,015
P-bron	SSD	***	**	***
	SED	16,0	1,81	0,018
oP x P-bron	SSD	***	**	***
	SED	22,6	2,56	0,025

SSD Statistische significantie van een hoofd- of interactie-effect. NS: niet significant;

\*:  $P < 0,05$ ; \*\*:  $P < 0,01$  en \*\*\*:  $P < 0,001$

SED Standaardafwijking van het verschil tussen twee gemiddelden per hoofd- of interactie-effect.

A-B Significante verschillen ( $P < 0,05$ ) tussen twee gemiddelden voor het hoofdeffect grondstof zijn per kolom aangegeven met verschillende hoofdletters.

a-c Significante verschillen ( $P < 0,05$ ) tussen twee gemiddelden voor het interactie-effect zijn per kolom aangegeven met verschillende letters.

**Tabel 6b** Groei van de kuikens (g/14 dagen), voerverbruik (g/dier.dag) en voederconversie (kg voer/kg groei) bij twee Ca-gehalten en 3,0 g/kg oP in de proefvoerders

Grondstof	Ca (g/kg)	Groei	Voerverbruik	Voederconversie
MCP	5,0	560	69,1 <sup>a</sup>	1,73
	8,3	581	70,3 <sup>a</sup>	1,69
	gem.	570 <sup>A</sup>	69,7 <sup>A</sup>	1,71 <sup>A</sup>
Sojaschroot	5,0	636	72,2 <sup>a</sup>	1,59
	8,3	653	74,1 <sup>b</sup>	1,59
	gem.	644 <sup>B</sup>	73,1 <sup>B</sup>	1,59 <sup>C</sup>
Erwten	5,0	644	76,6 <sup>b</sup>	1,67
	8,3	597	70,6 <sup>a</sup>	1,65
	gem.	621 <sup>B</sup>	73,6 <sup>B</sup>	1,66 <sup>B</sup>
Gemiddeld	5,0	613	72,6	1,66
	8,3	610	71,6	1,65
Ca-gehalte	SSD	NS	NS	NS
	SED	12,0	1,12	0,015
P-bron	SSD	***	*	***
	SED	14,6	1,37	0,018
Ca x P-bron	SSD	NS	*	NS
	SED	20,7	1,93	0,026

SSD, SED, A-C, a-b zie tabel 6a

De groei en het voerverbruik van de kuikens met het hogere oP-gehalte van 3,0 g/kg was volgens verwachting gemiddeld significant hoger dan met het oP-gehalte van 1,8 g/kg voer, terwijl de voederconversie niet significant verschillend was (tabel 6a). De significante interactie met de grondstof is veroorzaakt doordat de kuikens bij het voer met sojaschroot en een laag oP-gehalte duidelijk achterbleven in groei en voeropname t.o.v. de andere groepen met sojaschroot en erwten. Dit wijst op een tekort aan fosfor bij deze proefgroep. Een verhoging van het calciumgehalte in het voer (van 5,0 naar 8,3 g/kg), bij een oP-gehalte van 3,0 g/kg leidde niet tot significante verschillen in technische resultaten (tabel 6b). De voeropnames van de kuikens in de proefgroep met sojaschroot bij het hoge Ca-gehalte en met erwten bij het lage Ca-gehalte bleken significant hoger dan bij de overige proefgroepen (significante interactie Ca x P-bron). Bij het oP-gehalte van 3,0 g/kg voer werd bij beide voeders met sojaschroot een significant betere voederconversie verkregen dan bij de voeders met erwten. De proefvoerders met MCP hadden bij dit oP-niveau

significant mindere technische resultaten dan de voeders met sojaschroot en erwten. Mogelijk is dit een gevolg van het meer synthetische karakter van de voeders met MCP.

## SKELETKWALITEIT

In de tabellen 7a en 7b en in bijlage 4 zijn de resultaten m.b.t. de skeletkwaliteit vermeld. Gegeven zijn het vetvrije gewicht van de tibia's, de as-, P- en Ca-gehalten in de droge stof en de respectievelijke hoeveelheden in de tibia's van vleeskuikens op circa 4 weken leeftijd.

**Tabel 7a** Het vetvrije gewicht van de tibia's en de as-, P- en Ca-gehalten en hoeveelheden in de tibia's van vleeskuikens van ca. 4 weken oud, bij verschillende P-bronnen, twee oP-gehalten en 5,0 g/kg Ca in de proefvoerders

Grondstof	oP (g/kg)	Tibiagewicht (g)				as(g)	P(mg)	Ca(mg)
			as (%)	P (%)	Ca (%)			
MCP	1,8	3,23	30,82	5,82	11,28	0,99	188	364
	3,0	3,61	36,79	6,84	13,34	1,33	246	479
	gem.	3,42 <sup>A</sup>	33,81 <sup>B</sup>	6,33	12,31	1,16 <sup>B</sup>	217 <sup>A</sup>	422 <sup>A</sup>
Sojaschroot	1,8	3,03	27,93	5,48	10,77	0,85	166	327
	3,0	3,56	34,81	7,11	13,33	1,24	255	477
	gem.	3,29 <sup>A</sup>	31,37 <sup>A</sup>	6,29	12,05	1,04 <sup>A</sup>	210 <sup>A</sup>	402 <sup>A</sup>
Erwten	1,8	3,63	33,43	5,84	12,41	1,21	213	466
	3,0	4,01	37,09	6,98	13,74	1,49	280	551
	gem.	3,82 <sup>B</sup>	35,26 <sup>C</sup>	6,41	13,07	1,35 <sup>C</sup>	246 <sup>B</sup>	508 <sup>B</sup>
Gemiddeld	1,8	3,30	30,72	5,71	11,48	1,02	189	386
	3,0	3,73	36,23	6,98	13,47	1,35	260	502
oP-gehalte	SSD	***	***	***	***	***	***	***
	SED	0,083	0,555	0,242	0,468	0,033	11,1	16,8
P-bron	SSD	***	***	NS	NS	***	*	***
	SED	0,102	0,680	0,297	0,574	0,040	13,6	20,5
oP x P-bron	SSD	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	SED	0,144	0,962	0,420	0,811	0,057	19,2	29,0

SSD, SED en A-C zie tabel 6a.

**Tabel 7b** Het vetvrije gewicht van de tibia's en de as-, P- en Ca-gehalten en hoeveelheden in de tibia's van vleeskuikens van ca. 4 weken oud, bij verschillende P-bronnen, twee Ca-gehalten en 3,0 g/kg oP in de proefvoerders

Grondstof	Tibiagewicht		as (%)	P (%)	Ca (%)	as(g)	P(mg)	Ca(mg)
	Ca (g/kg)	(g)						
MCP	5,0	3,61	36,79	6,84	13,34	1,33	246	479
	8,3	3,69	37,40	6,98	13,64	1,38	257	503
	gem.	3,65 <sup>A</sup>	37,10 <sup>B</sup>	6,91	13,49	1,35 <sup>A</sup>	252 <sup>A</sup>	491 <sup>A</sup>
Sojaschroot	5,0	3,56	34,81	7,11	13,33	1,24	255	477
	8,3	3,73	35,40	6,41	13,16	1,32	239	490
	gem.	3,64 <sup>A</sup>	35,10 <sup>A</sup>	6,76	13,24	1,28 <sup>A</sup>	247 <sup>A</sup>	483 <sup>A</sup>
Erwten	5,0	4,01	37,09	6,98	13,74	1,49	280	551
	8,3	3,98	38,97	7,25	14,53	1,55	289	579
	gem.	4,00 <sup>B</sup>	38,03 <sup>B</sup>	7,11	14,14	1,52 <sup>B</sup>	284 <sup>B</sup>	565 <sup>B</sup>
Gemiddeld	5,0	3,73	36,23	6,98	13,47	1,35	260	502
	8,3	3,80	37,26	6,88	13,78	1,42	262	524
Ca-gehalte	SSD	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	SED	0,072	0,570	0,211	0,422	0,031	9,3	16,5
P-bron	SSD	***	**	NS	NS	***	**	**
	SED	0,088	0,698	0,258	0,517	0,037	11,4	20,2
Ca x P-bron	SSD	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	SED	0,124	0,987	0,365	0,731	0,053	16,1	28,6

SSD, SED en A-B zie tabel 6a.

Bij de gemeten tibiakenmerken waren een aantal hoofdeffekten significant aantoonbaar, terwijl er geen significante interactie-effecten aanwezig waren (tabellen 7a en 7b). Het hogere oP-gehalte van 3,0 g/kg leidde volgens verwachting tot een betere skeletkwaliteit (op basis van de tibiakenmerken) dan het oP-gehalte van 1,8 g/kg (tabel 7a). Een verhoging van het Ca-gehalte van 5,0 naar 8,3 g/kg bij een oP-gehalte van 3,0 g/kg voer had geen aantoonbaar effect op de gemeten botparameters (tabel 7b). Bij het hoogste Ca-niveau waren de waarden wel veelal enigszins hoger. Uit deze resultaten is af te leiden dat het Ca-gehalte van 5,0 g/kg vanaf 10 dagen leeftijd vrijwel voldoende is geweest voor een goede botvorming.

Bij opname van erwten in het voer (in combinatie met monocalciumfosfaat) werden significant hogere waarden voor het tibiagewicht vastgesteld en daarmee ook voor de as-,

P- en Ca-hoeveelheden in de tibia t.o.v. de voeders met monocalciumfosfaat en sojashroot (tabellen 7a en 7b), welke voor de meeste kenmerken onderling niet significant van elkaar verschilden.

De gekozen proefopzet staat ook een vergelijking van het lage oP-gehalte bij een gelijke Ca/oP verhouding toe (bijlage 4, voeders 1 versus 3, 4 versus 6 en 7 versus 9). In alle gevallen werden significant hogere waarden voor de tibia's vastgesteld bij de hogere oP en Ca-gehalten in het voer. Dit geeft aan dat naast de belangrijke Ca/oP verhouding in de voeders, de absolute hoeveelheden oP en Ca in de voeders hoog genoeg dienen te zijn, waarbij gehalten van 1,8 g/kg oP en 5,0 g/kg Ca slechts marginaal waren.

#### **ABSORPTIE EN OPNEEMBAARHEID VAN FOSFOR EN CALCIUM**

In de tabellen 8a en 8b en in bijlage 5 zijn de resultaten vermeld van de ileale absorptie en de faecale opneembaarheid van fosfor en calcium en de ileale afbraak van IP-6. De ongecorrigeerde droge stofverteerbaarheid in de proefvoeders is alleen in bijlage 5 gegeven. De opneembaarheid/verteerbaarheid in de proefvoeders is gemeten bij vleeskui-kens van 21-24 dagen en de absorptie/afbraak op circa 4 weken leeftijd.



**Tabel 8a** De ileale absorptie en de faecale opneembaarheid van fosfor en calcium en de ileale afbraak van IP-6, bij verschillende P-bronnen, twee oP-gehalten en 5,0 g/kg Ca in de proefvoerders. De opneembaarheid is gemeten bij vleeskuikens van 21 tot 24 dagen en de absorptie en afbraak op ca. 4 weken leeftijd

Grondstof	oP (g/kg)	Absorptie P (%)	Opneembh. P (%)	Afbraak IP-6 (%)	Absorptie Ca (%)	Opneembh. Ca (%)
MCP	1,8	78,5 <sup>d</sup>	79,2 <sup>d</sup>	-	66,3	42,0 <sup>a</sup>
	3,0	80,9 <sup>d</sup>	68,6 <sup>c</sup>	-	63,6	63,5 <sup>c</sup>
	gem.	79,7 <sup>c</sup>	73,9 <sup>b</sup>	-	65,0 <sup>b</sup>	52,8 <sup>b</sup>
Sojaschroot	1,8	72,0 <sup>c</sup>	63,4 <sup>b</sup>	69,1 <sup>c</sup>	60,8	37,5 <sup>a</sup>
	3,0	67,6 <sup>b</sup>	46,2 <sup>a</sup>	58,5 <sup>b</sup>	57,9	52,9 <sup>b</sup>
	gem.	69,8 <sup>b</sup>	54,8 <sup>a</sup>	63,8 <sup>b</sup>	59,4 <sup>a</sup>	45,2 <sup>a</sup>
Erwten	1,8	55,7 <sup>a</sup>	63,0 <sup>b</sup>	37,5 <sup>a</sup>	67,4	56,8 <sup>b</sup>
	3,0	66,1 <sup>b</sup>	48,2 <sup>a</sup>	35,0 <sup>a</sup>	63,4	66,7 <sup>c</sup>
	gem.	60,9 <sup>a</sup>	55,6 <sup>a</sup>	36,3 <sup>a</sup>	65,4 <sup>b</sup>	61,8 <sup>c</sup>
Gemiddeld	1,8	68,7	68,5	53,3	64,8	45,4
	3,0	71,5	54,3	46,8	61,6	61,0
oP-gehalte	SSD	**	***	**	**	***
	SED	0,89	0,95	1,74	0,88	1,10
P-bron	SSD	***	***	***	***	***
	SED	1,09	1,16	1,74	1,08	1,34
oP x P-bron	SSD	***	*	*	NS	**
	SED	1,53	1,64	2,47	1,53	1,90

SSD, SED, A-C en a-d zie tabel 6a; -: n.v.t.

**Tabel 8b** De ileale absorptie en de faecale opneembaarheid van fosfor en calcium en de ileale afbraak van IP-6, bij verschillende P-bronnen, twee Ca-gehalten en 3,0 g/kg oP in de proefvoerders. De opneembaarheid is gemeten bij vleeskuikens van 21 tot 24 dagen en de absorptie en afbraak op ca. 4 weken leeftijd

Grondstof	Ca (g/kg)	Absorptie P (%)	Opneembh. P (%)	Afbraak IP-6 (%)	Absorptie Ca (%)	Opneembh. Ca (%)
MCP	5,0	80,9 <sup>d</sup>	68,6	-	63,6 <sup>c</sup>	63,5 <sup>d</sup>
	8,3	72,3 <sup>c</sup>	70,7	-	43,4 <sup>a</sup>	39,2 <sup>a</sup>
	gem.	76,6 <sup>b</sup>	69,6 <sup>c</sup>	-	53,5	51,4 <sup>b</sup>
Sojaschroot	5,0	67,6 <sup>b</sup>	46,2	58,5 <sup>c</sup>	57,9 <sup>b</sup>	52,9 <sup>c</sup>
	8,3	50,6 <sup>a</sup>	49,1	35,8 <sup>b</sup>	45,7 <sup>a</sup>	37,7 <sup>a</sup>
	gem.	59,1 <sup>a</sup>	47,6 <sup>a</sup>	47,2 <sup>b</sup>	51,8	45,3 <sup>a</sup>
Erwten	5,0	66,1 <sup>b</sup>	48,2	35,0 <sup>b</sup>	63,4 <sup>c</sup>	66,7 <sup>d</sup>
	8,3	51,5 <sup>a</sup>	53,0	27,9 <sup>a</sup>	42,3 <sup>a</sup>	46,8 <sup>b</sup>
	gem.	58,8 <sup>a</sup>	50,6 <sup>b</sup>	31,4 <sup>a</sup>	52,9	56,7 <sup>c</sup>
Gemiddeld	5,0	71,5	54,3	46,8	61,6	61,0
	8,3	58,1	57,6	31,8	43,8	41,2
Ca-gehalte	SSD	***	**	***	***	***
	SED	0,99	0,85	2,04	1,20	1,06
P-bron	SSD	***	***	***	NS	***
	SED	1,21	1,04	2,04	1,47	1,30
Ca x P-bron	SSD	**	NS	*	*	*
	SED	1,71	1,47	2,89	2,07	1,84

SSD, SED, A-C en a-d zie tabel 6a; -: n.v.t.

Bij een calciumgehalte van 5,0 g/kg voer had een verhoging van het oP-gehalte van 1,8 naar 3,0 g/kg bij de voeders met monocalciumfosfaat geen effect op de ileale fosforabsorptie (tabel 8a). Bij de sojaschrootvoerders werd door verhoging van het oP-gehalte een significante daling van de ileale fosforabsorptie waargenomen, terwijl deze bij erwten significant steeg. De daling bij sojaschroot is te verklaren uit een geringere afbraak van IP-6 bij het hogere oP-gehalte in het voer vergeleken met het lagere oP-gehalte. Bij de erwtenvoerders werd bij gelijkblijvende IP-6 afbraak een hogere ileale P-absorptie bereikt bij het oP-gehalte van 3,0 g/kg, vanwege het grotere aandeel monocalciumfosfaat in dat voer. De afbraak van IP-6 van sojaschroot was significant hoger dan die van erwten, terwijl deze afbraak bij sojaschroot negatief was gecorreleerd met de verhoging van het oP-gehalte.

De waarden voor de faecale fosforopneembaarheid zijn bij het hogere oP-gehalte bij

monocalciumfosfaat, sojaschroot en erwten significant lager dan bij het oP-gehalte van 1,8 g/kg voer (tabel 8a). Door de verwachte hogere uitscheiding van P met de urine wordt de faecale opneembaarheid van P onderschat op het hogere oP-niveau. Onder die omstandigheden is de P-balans op faecaal niveau geen goede maat voor de absorptie. Mede daardoor hoeft de faecale fosforopneembaarheid niet gelijk te zijn aan die van de ileale fosforabsorptie. Daarnaast kan het verschil in leeftijd van de kuikens tussen beide bepalingen van invloed zijn geweest op de afbraak van IP-6. Indien hier namelijk sprake is van een aanpassingsmechanisme van de kuikens dan kan de IP-6 afbraak op circa 4 weken leeftijd (meting fosforabsorptie) wat groter geweest zijn dan tijdens de meting van de fosforopneembaarheid van 21-24 dagen leeftijd. Dit lijkt het geval bij het lage oP-gehalte en sojaschroot in het voer, omdat daar de P-opneembaarheid van 21-24 dagen leeftijd duidelijk lager is dan de ileale fosforabsorptie. Bij opname van erwtenvoerders wordt bij het lage oP-gehalte een duidelijk hogere fosforopneembaarheid verkregen in vergelijking met de fosforabsorptie op 4 weken leeftijd. Voor dit laatste is geen oorzaak aan te geven.

Uit een vergelijking van de waarden voor de faecale fosforopneembaarheid van de afzonderlijke fosforbronnen met eerder onderzoek (Van der Klis en Versteegh, 1993) is gebleken dat zowel de fosforopneembaarheid van monocalciumfosfaat (79%) als van sojaschroot (63%) goed overeen komen met de eerder vastgestelde waarden van resp. 81% en 61%. Voor de partij erwten werd (na correctie voor het toegevoegde monocalciumfosfaat) een duidelijk hogere opneembaarheid van 57% berekend, vergeleken met de eerder vastgestelde waarde van 41%. Deze hogere fosforopneembaarheid van de gebruikte partij erwten kan de grotere hoeveelheid in de tibia's verklaren van de kuikens met deze voeders ten opzichte van die met monocalciumfosfaat en sojaschroot (tabellen 7a en 7b).

De faecale calciumopneembaarheid is redelijk in overeenstemming met die van de ileale calciumabsorptie. Alleen bij het lage oP-gehalte van 1,8 g/kg zijn duidelijk lagere waarden voor de calciumopneembaarheid verkregen. Dit is het gevolg van de marginale hoeveelheid verstrekt oP. Hierdoor wordt significant minder P en Ca in het skelet aangezet (tabel 7a), waardoor een relatief overschot aan Ca ontstaat (Ca/oP verhouding 2,8), die met de urine wordt uitgescheiden (Van der Klis en Gerritsen, 1995).

Opvallend is dat de ileale calciumabsorptie gemiddeld significant daalt bij een verhoging van het oP-gehalte van 1,8 g/kg naar 3,0 g/kg voer. Dit kan betekenen dat de absorptie van Ca van monocalciumfosfaat lager is dan die van krijt, aangezien het aandeel krijt in de voeders wordt verlaagd bij het verhogen van het oP-gehalte in het voer m.b.v. monocalciumfosfaat. Volgens verwachting zou bij een gelijkblijvend Ca-gehalte van 5,0 g/kg voer en bij een hogere absolute P-absorptie de hoeveelheid geabsorbeerd Ca ook moeten stijgen. Bij de voeders met monocalciumfosfaat is deze gedaald van 246 naar 229 mg Ca per dag bij het hogere oP-gehalte in het voer, terwijl de hoeveelheid geabsorbeerd P is gestegen van 129 tot 207 mg/dag (tabel 8c). De geabsorbeerde hoeveelheid P per dag

is berekend met behulp van de ileale fosforabsorptie, de P-gehalten in de proefvoerders (tabel 5) en het voerverbruik (tabel 6a). Deze berekende waarden zijn in tabel 8c vermeld.

**Tabel 8c** De berekende hoeveelheid geabsorbeerde P per dag (mg), berekend uit het voerverbruik van 10-24 dagen leeftijd en de absorptie op circa 4 weken leeftijd.

	oP-gehalten	
	1,8 g/kg	3,0 g/kg
MCP-voer	129	207
Sojaschroot-voer	146	200
Erwten-voer	159	258

Volgens deze berekende waarden zou bij sojaschroot in het voer en het lage oP-gehalte meer P zijn geabsorbeerd dan met alleen monocalciumfosfaat in het voer. Dit is echter niet in overeenstemming met de significant slechtere technische resultaten (tabel 6a) en de fosforhoeveelheid in de tibia's (tabel 7a) en is alleen verklaarbaar als de op 4 weken gemeten ileale fosforabsorptie hoger is geweest dan in de periode van 10-24 dagen, waarin het voerverbruik is vastgesteld. Dat zou betekenen dat de kuikens naarmate ze ouder worden beter in staat zijn fytaat-P af te breken.

Bij een verhoging van het Ca-gehalte in het voer van 5,0 g/kg naar 8,3 g/kg bij een oP-gehalte van 3,0 g/kg daalt de fosfor- en calciumabsorptie bij monocalciumfosfaat, sojaschroot en erwten in de voeders significant (tabel 8b). De ileale fosforabsorptie wordt o.a. verlaagd door een significant lagere IP-6 afbraak bij het hogere Ca-gehalte in de voeders met sojaschroot en erwten in vergelijking met het lagere Ca-gehalte. Omdat dit negatieve Ca-effect ook bij de voeders met monocalciumfosfaat optreedt (geen fytaat-fosfor), lijkt dit samen te gaan met het relatieve overschot aan Ca in het darmkanaal, hetgeen de vorming van slecht oplosbare Ca-P verbindingen tot gevolg heeft.

De daling van de calciumabsorptie (%) bij het hogere Ca-gehalte is volgens verwachting (Hurwitz, 1989). Indien calcium verstrekt wordt boven de behoefte van het dier, neemt de efficiëntie van de calciumabsorptie uit het darmkanaal af via hormonale regulatie. Verhoging van het calciumgehalte van 5,0 g/kg naar 8,3 g/kg voer had, over de drie P-bronnen gemiddeld, een kleine maar significante verbetering van de fosforopneembaarheid tot gevolg. Dit effect is tegengesteld aan de significante daling die bij de ileale fosforabsorptie werd geconstateerd. Mogelijk heeft dit te maken met een efficiëntere fosforaanzet als gevolg van het hogere Ca-gehalte. Ter illustratie: bij het lagere Ca-gehalte werd circa 25% van de geabsorbeerde fosfor via de urine uitgescheiden, terwijl dit op het hoge Ca-gehalte nihil was (berekend uit tabel 8b). De P- en Ca-hoeveelheden in de tibia's lijken veelal wel wat verhoogd te zijn bij het hogere calciumgehalte in het voer, maar de verschillen zijn klein en niet significant aantoonbaar (tabel 7b).

## AFBRAAK VAN INOSITOLFOSFATEN

In de kropinhoud bleek de concentratie van IP-6 (g/kg ds) circa 10% lager dan in het voer, zowel bij sojaschroot als erwten (bijlage 6). In de maag werd een verdere daling waargenomen tot gehalten, die achtereenvolgens 16% en 32% lager waren dan in de voeders met respectievelijk sojaschroot en erwten. De daling van het IP-6 gehalte in deze delen van het maagdarmkanaal kan zijn veroorzaakt door afbraak van IP-6 tot lagere inositolfosfaten of door het oplossen van IP-6 in de waterige fase. Het opgeloste IP-6 kan vervolgens sneller met de waterige fase uit dat deel van het maagdarmkanaal verdwijnen dan de niet opgeloste voerdeeltjes, waardoor het IP-6 gehalte (g/kg ds) daalt. De daadwerkelijke oorzaak van de lagere IP-6 gehalten in krop en maag ten opzichte van het voer is met de huidige proefopzet niet met zekerheid vast te stellen, maar vanwege de geringe oplosbaarheid van IP-6 bij een pH van 5,5 tot 6 (Kaufman and Kleinberg, 1971) zal de verdwijning van IP-6 met de waterige fase uit de krop verwaarloosbaar zijn geweest.

De IP-5/IP-6 verhouding in de krop was hoger dan in het voer (zie bijlage 6: toename van 0,053 tot gemiddeld 0,061 bij sojaschroot en van 0,049 tot gemiddeld 0,071 bij erwten). Dit wijst op een snellere verdwijning van IP-6 uit de krop vergeleken met IP-5 (IP-5 wordt gevormd bij de afbraak van IP-6). Deze verhouding was in de maaginhoud gedaald tot waarden lager dan in het voer, hetgeen een aanwijzing is dat de afbraak van IP-5 tot lagere inositolfosfaten in de maag sneller is verlopen dan de afbraak van IP-6 tot IP-5.

In de voeders met sojaschroot was het IP-6 gehalte 6,8 g/kg en het IP-5 gehalte 0,4 g/kg. Deze gehalten waren in de voeders met erwten respectievelijk 5,7 g/kg en 0,3 g/kg (bijlage 6). Door de veel geringere hoeveelheid IP-5 ten opzichte van IP-6 in de voeders en in het ileum, is voor de IP-5 afbraak een minder nauwkeurige schatting te geven dan voor de IP-6 afbraak. Globaal was de IP-5 afbraak van sojaschroot met gemiddeld 75% wel hoger dan die van erwten met gemiddeld ruim 40%.

## DISCUSSIE ALGEMEEN

Een bijstelling van de tot nu toe vastgestelde waarden voor opneembaar fosfor van plantaardige grondstoffen t.b.v. de tabel opneembaar fosfor voor pluimvee is op basis van dit onderzoek niet mogelijk. De afbraak van fytaat-fosfor bleek afhankelijk te zijn van de soort grondstof, het oP-gehalte en het Ca-gehalte in het voer. Zelfs meer praktische P- en Ca-gehalten in de voeders van 3,0 g/kg oP en 8,3 g/kg Ca hadden bij sojaschroot en erwten nog een IP-6 afbraak van resp. 36% en 28% tot gevolg.

Het vermoeden bestaat dat er sprake is van een leeftijdseffect op de benutting van fytaat-fosfor door vleeskuikens, waarbij oudere vleeskuikens beter in staat zijn om fytaat-fosfor af te breken dan jongere kuikens. Dit mogelijke leeftijdseffect verdient nader aandacht, aangezien jonge vleeskuikens de hoogste fosforbehoefte hebben en eventuele P tekorten daar het eerst zullen optreden. Voor de uiteindelijke vaststelling van de fosforopneem-

baarheid uit plantaardige grondstoffen is het van belang om na te gaan of de geconstateerde substantiële afbraak van fytaat ook bij kuikens op jonge leeftijd plaatsvindt.

## CONCLUSIES

1. Vleeskuikens op een leeftijd van circa 4 weken blijken een substantieel deel van de fytaat-fosfor afkomstig van plantaardige grondstoffen te kunnen afbreken en benutten.
2. De afbraak van fytaat-fosfor (IP-6) was afhankelijk van de soort plantaardige grondstof. Van sojaschroot werd een groter deel afgebroken dan van erwten. De IP-6 afbraak dient daarom bij veelgebruikte plantaardige grondstoffen te worden vastgesteld.
3. De afbraak van IP-6 was bij sojaschroot negatief gecorreleerd met de toename van het opneembare fosforgehalte in het voer, terwijl deze bij erwten onafhankelijk van het fosfomiveau was. Ook bij een verhoging van het calciumgehalte in het voer van 5,0 g/kg naar 8,3 g/kg daalde de IP-6 afbraak.
4. Ook onder meer praktische omstandigheden t.w. een opneembaar fosforgehalte van 3,0 g/kg en een calciumgehalte van 8,3 g/kg voer, werd bij sojaschroot nog circa 36% en bij erwten nog 28% van het IP-6 afgebroken.

## LITERATUUR

- Bos, K.D. en M.G.E. Wolters, 1987. De bepaling van lagere inositolfosfaten in chymusmonsters van kippen. CIVO-TNO rapport nr. A87.461.
- Hurwitz, S., 1989. Calcium homeostasis in birds. In: Vitamins and hormones. Vol. 45, pp 173-221. G.D. Aurbach en D.B. McCormick (Eds.), Academic Press, San Diego.
- Kaufman, H.W. and I. Kleinberg, 1971. Effect of pH on calcium binding by phytic acid and its inositol phosphoric acid derivatives and on the solubility of their calcium salts. *Archs oral Biol.* 16: 445-460.
- Klis, J.D. van der, 1993. Physico-chemical chyme conditions and mineral absorption in broilers. Proefschrift, Spelderholt Uitgave No. 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 éénmagige landbouwhuisdieren in relatie tot de milieu-problematiek. Produktschap voor Veevoeder, kwaliteitsreeks no. 25, november 1993, 117-124.
- Klis, J.D. van der en C.L.M. Gerritsen, 1995. De calcium/opneembaar fosforverhouding in vleeskuikenvoeders in relatie tot de fosfor- en calciumbalans en de botontwikkeling bij variabele calcium-, fytaat-fosfor en fytasegehaltenes in het voer. Spelderholt Uitgave 636.
- Sauveur, B, 1993. Possible saving of phosphorus in poultry nutrition. In: 2<sup>nd</sup> Belgian days on pigs and poultry. The Royal Flemish Society of Engineers, Technological Institute, Brugge.

- Simons, P.C.M. en H.A.J. Versteegh, 1990. De beschikbaarheid van fosfor in grondstoffen bij slachtkuikens. In: Mestproblematiek: aanpak via de voeding van varkens en pluimvee, verslag van de themadag Veevoeding en Milieu. Eds. A.W. Jongbloed en J. Coppoolse. Lelystad, 19 april 1990, 19-30.
- Simons, P.C.M. en H.A.J. Versteegh, 1993. Microbieel fytase in de voeding van slachtkuikens en leghennen. In: Stikstof en fosfor in de voeding van éénmagige landbouwhuisdieren in relatie tot de milieu-problematiek. Produktschap voor Veevoeder, kwaliteitsreeks nr. 25, november 1993 125-136.
- Thompson, D.B. en J.W. Erdman, 1982. Phytic acid determination in soybeans. J. Food Sci. 47: 513.
- WPSA, 1985. Mineral requirements for poultry. WPSA Journal 41, 252-258

## Procentuele samenstelling proefvoerders en berekende gehaltecijfers.

Grondstoffen	Partijnr.	Voeders								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Monocalciumfosfaat	3870	0,90	1,56	1,56	-	0,66	0,66	0,40	1,06	1,06
Sojaschroot	3869	-	-	-	41,8	41,8	-	-	-	-
Erwten	3868	-	-	-	-	-	-	59,6	59,6	59,6
Maizetmeel		54,00	54,00	54,00	49,7	49,7	49,7	27,7	27,7	27,7
Glucosestroop G95		10,00	10,00	10,00	-	-	-	-	-	-
Soja-olie		6,00	6,00	6,00	4,2	4,2	4,2	5,9	5,9	5,9
Wei-eiwit (Bipro)		12,00	12,00	12,00	-	-	-	1,95	1,95	1,95
Vitaminen*		0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53
Mineralen*		1,46	1,46	1,46	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Krijt		0,81	0,53	1,40	1,00	0,72	1,59	1,00	0,72	1,59
Cellulose		12,36	11,98	11,11	2,01	1,63	0,76	1,62	1,24	0,37
Synt. methionine		0,13	0,13	0,13	0,28	0,28	0,28	0,52	0,52	0,52
Synt. arginine		1,00	1,00	1,00	-	-	-	-	-	-
Synt. isoleucine		0,07	0,07	0,07	-	-	-	0,05	0,05	0,05
Synt. phenylalanine		0,33	0,33	0,33	-	-	-	-	-	-
Synt. threonine		0,16	0,16	0,16	-	-	-	0,15	0,15	0,15
Synt. valine		0,10	0,10	0,10	-	-	-	0,05	0,05	0,05
Synt. tryptophan		-	-	-	-	-	-	0,05	0,05	0,05
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Totaal		100	100	100	100	100	100	100	100	100
OE silk (kcal/kg)		3160	3160	3160	3160	3160	3160	3160	3160	3160
Lysine (%)		1,20	1,20	1,20	1,31	1,31	1,31	1,20	1,20	1,20
Methionine + cystine (%)		0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Ca (%)		0,50	0,50	0,83	0,50	0,50	0,83	0,50	0,50	0,83
P (%)		0,22	0,37	0,37	0,29	0,44	0,44	0,35	0,50	0,50
oP (%) schatting		0,18	0,30	0,30	0,18	0,30	0,30	0,18	0,30	0,30
Fytaat-P		-	-	-	0,19	0,19	0,19	0,14	0,14	0,14

\* Zie bijlage 2.



**Mineralen- en vitaminenpremixen**

Mineralen 1 (voerders 1-3)

Per 100 kg voer werd toegevoegd:

300	g	Keukenzout
250	g	Magnesiumoxide
40	g	IJzersulfaat
33,4	g	Mangaansulfaat
26	g	Zinksulfaat
10	g	Kaliumjodide prepa- raat
0,9	g	Natriummolybdaat
0,2	g	Kobaltnitraat
4,5	g	Kopersulfaat
<u>800</u>	g	Kaliumsulfaat
1465	g	

Mineralen 2 (voerders 4-9)

Per 100 kg voer werd toegevoegd:

250	g	Keukenzout
40	g	IJzersulfaat
24	g	Mangaansulfaat
6	g	Zinksulfaat
10	g	Kaliumjodide preparaat
<u>4,5</u>	g	Kopersulfaat
334,5	g	

Vitaminen (voerders 1-9)

Per 100 kg voer werd toegevoegd:

500	g	Vitaminen preparaat van Farmix
25	g	Inositol
<u>0,02</u>	g	Biotine
525,02	g	

Groei van de kuikens (g/14 dagen), voerverbruik (g/dier.dag) en de voederconversie (kg voer/kg groei) in de periode van 10-24 dagen leeftijd.

Proefvoer	P-bron*	Gewicht s-toename	Voerverbruik	Voederconversie
1	MCP	577 <sup>b</sup>	71,5 <sup>bc</sup>	1,73 <sup>a</sup>
2	MCP	560 <sup>b</sup>	69,1 <sup>b</sup>	1,73 <sup>a</sup>
3	MCP	581 <sup>b</sup>	70,3 <sup>bc</sup>	1,69 <sup>ab</sup>
4	Sojaschroot	507 <sup>a</sup>	61,5 <sup>a</sup>	1,70 <sup>ab</sup>
5	Sojaschroot	636 <sup>cd</sup>	72,2 <sup>bcd</sup>	1,59 <sup>c</sup>
6	Sojaschroot	653 <sup>d</sup>	74,1 <sup>cd</sup>	1,59 <sup>c</sup>
7	Erwten	642 <sup>cd</sup>	73,2 <sup>bcd</sup>	1,60 <sup>c</sup>
8	Erwten	644 <sup>d</sup>	76,6 <sup>d</sup>	1,67 <sup>ab</sup>
9	Erwten	597 <sup>bc</sup>	70,6 <sup>bc</sup>	1,65 <sup>bc</sup>
SSD		***	***	***
SED		21,8	2,31	0,029

SSD en SED zie tabel 6a.

a-d Significante verschillen tussen twee gemiddelden ( $P < 0,05$ ) zijn per kolom aangegeven met een verschillende letter.

+ Aan de voeders 5-9 is monocalciumfosfaat toegevoegd om het gewenste oP-gehalte (zie tabel 2) te realiseren.

Het vetvrije tibiagewicht en de as-, fosfor- en calciumgehalten in de droge stof van de tibia's, gemeten bij vleeskuikens op circa 4 weken leeftijd.

Proefvoer	P-bron*	Gewicht (g)	As (%)	As (g)	Fosfor (%)	Fosfor (mg)	Calcium (%)	Calcium (mg)
1	MCP	3,23 <sup>a</sup>	30,82 <sup>b</sup>	0,99 <sup>b</sup>	5,82 <sup>ab</sup>	188 <sup>ab</sup>	11,28 <sup>ab</sup>	364 <sup>a</sup>
2	MCP	3,61 <sup>b</sup>	36,79 <sup>ef</sup>	1,33 <sup>cd</sup>	6,84 <sup>cd</sup>	246 <sup>cde</sup>	13,34 <sup>cd</sup>	479 <sup>b</sup>
3	MCP	3,69 <sup>b</sup>	37,40 <sup>g</sup>	1,38 <sup>de</sup>	6,98 <sup>cd</sup>	257 <sup>def</sup>	13,64 <sup>cd</sup>	503 <sup>bc</sup>
4	Sojaschroot	3,03 <sup>a</sup>	27,93 <sup>a</sup>	0,85 <sup>a</sup>	5,48 <sup>a</sup>	166 <sup>a</sup>	10,77 <sup>a</sup>	327 <sup>a</sup>
5	Sojaschroot	3,56 <sup>b</sup>	34,81 <sup>cd</sup>	1,24 <sup>c</sup>	7,11 <sup>cd</sup>	255 <sup>def</sup>	13,33 <sup>cd</sup>	477 <sup>b</sup>
6	Sojaschroot	3,73 <sup>bc</sup>	35,40 <sup>de</sup>	1,32 <sup>cd</sup>	6,41 <sup>bc</sup>	239 <sup>cd</sup>	13,16 <sup>cd</sup>	490 <sup>b</sup>
7	Erwten	3,63 <sup>b</sup>	33,43 <sup>c</sup>	1,21 <sup>c</sup>	5,84 <sup>ab</sup>	213 <sup>bc</sup>	12,41 <sup>bc</sup>	466 <sup>b</sup>
8	Erwten	4,01 <sup>c</sup>	37,09 <sup>efg</sup>	1,49 <sup>ef</sup>	6,98 <sup>cd</sup>	280 <sup>ef</sup>	13,74 <sup>cd</sup>	551 <sup>cd</sup>
9	Erwten	3,98 <sup>c</sup>	38,97 <sup>a</sup>	1,55 <sup>f</sup>	7,25 <sup>d</sup>	289 <sup>f</sup>	14,53 <sup>d</sup>	579 <sup>d</sup>
SSD		***	***	***	***	***	***	***
SED		0,136	0,918	0,056	0,367	17,0	0,752	28,6

SSD en SED zie tabel 6a.  
a-g en + zie bijlage 3.

De ileale absorptie en de faecale opneembaarheid van fosfor en calcium, de ileale afbraak van IP-6 en de ongecorrigeerde droge stofverteerbaarheid in de proefvoerders. De opneembaarheid/verteerbaarheid is gemeten bij vleeskuikens van 21-24 dagen en de absorptie/afbraak op circa 4 weken leeftijd.

Proefvoer	P-bron*	Absorptie P (%)	Opneembaarheid P (%)	Afbraak IP-6 (%)	Absorptie Ca (%)	Opneembaarheid Ca (%)	Verteerbaarheid ds (%)
1	MCP	78,5 <sup>a</sup>	79,2 <sup>a</sup>	n.v.t.	66,3 <sup>d</sup>	42,0 <sup>b</sup>	77,9 <sup>c</sup>
2	MCP	80,9 <sup>a</sup>	68,6 <sup>d</sup>	n.v.t.	63,6 <sup>cd</sup>	63,5 <sup>a</sup>	78,6 <sup>c</sup>
3	MCP	72,3 <sup>d</sup>	70,7 <sup>d</sup>	n.v.t.	43,4 <sup>a</sup>	39,2 <sup>ab</sup>	78,6 <sup>c</sup>
4	Sojaschroot	72,0 <sup>d</sup>	63,4 <sup>c</sup>	69,1 <sup>d</sup>	60,8 <sup>bc</sup>	37,5 <sup>a</sup>	73,3 <sup>a</sup>
5	Sojaschroot	67,6 <sup>c</sup>	46,2 <sup>a</sup>	58,5 <sup>c</sup>	57,9 <sup>b</sup>	52,9 <sup>d</sup>	73,2 <sup>a</sup>
6	Sojaschroot	50,6 <sup>a</sup>	49,1 <sup>a</sup>	35,8 <sup>b</sup>	45,7 <sup>a</sup>	37,7 <sup>a</sup>	73,7 <sup>a</sup>
7	Erwten	55,7 <sup>b</sup>	63,0 <sup>c</sup>	37,5 <sup>b</sup>	67,4 <sup>d</sup>	56,8 <sup>d</sup>	75,1 <sup>b</sup>
8	Erwten	66,1 <sup>c</sup>	48,2 <sup>a</sup>	35,0 <sup>b</sup>	63,4 <sup>cd</sup>	66,7 <sup>a</sup>	73,7 <sup>a</sup>
9	Erwten	51,5 <sup>a</sup>	53,0 <sup>b</sup>	27,9 <sup>a</sup>	42,3 <sup>a</sup>	46,8 <sup>c</sup>	75,4 <sup>b</sup>
SSD		***	***	***	***	***	***
SED		1,68	1,55	2,47	2,12	1,95	0,45

SSD en SED zie tabel 6a.  
a-e en + zie bijlage 3.

De IP-5 en IP-6 gehalten (g/kg ds) en de IP-5/IP-6 verhouding in het voer en in de krop- en maaginhoud van kuikens van circa 4 weken leeftijd\*.

	Sojaschroot			Erwten		
	IP-5	IP-6	IP-5/IP-6	IP-5	IP-6	IP-5/IP-6
Voer	0,36	6,8	0,053	0,28	5,7	0,049
Krop	0,38	6,1	0,061	0,37	5,2	0,071
Maag	0,26	5,8	0,045	0,16	3,8	0,042

\* Gemiddelde waarden bij de kuikens met de voeders met 5,0 g/kg Ca.

De standaardafwijking van het verschil tussen twee gemiddelden en de statistische significantie van het grondstofeffect.

	IP-5	IP-6	IP-5/IP-6	IP-5	IP-6	IP-5/IP-6
	<i>Krop</i>			<i>Maag</i>		
Sed	0,027	0,12	0,0049	0,043	0,26	0,0076
P	NS	***	NS	NS	***	NS