

# Die evaluering van erdwurmmeel as 'n proteïenbron in braaikuikendiëte

A.J. Reinecke

Departement Dierkunde, Potchefstroomse Universiteit vir CHO, Potchefstroom 2520

Ontvang 9 April 1990; aanvaar 27 Junie 1990

## UITTREKSEL

Hierdie studie is onderneem om die voedingswaarde van erdwurmmeel te bepaal deur die monitering van groei by braaikuikens. Erdwurms is op beesmis geteel, geoes, in die son gedroog en tot 'n meel gemaal wat as proteïenbron in die voedingsproewe gedien het. Drie verskillende diëte is oor 'n periode van 56 dae met mekaar vergelyk. Groeikoers, voedselinname, doeltreffendheid van voedselomsetting en produksiedoeltreffendheid is bepaal. Daar is bevind dat erdwurmmeel die potensiaal het om as proteïenbron in die diëte van braaikuikens benut te word. Spesiale hoëdigheidsproduksiestelsels sal egter ontwikkel moet word om die konsep ekonomies lewensvatbaar te maak. In die lig daarvan moet hierdie voorlopige bevindings met versigtigheid gehanteer word.

## ABSTRACT

*The evaluation of earthworm meal as a protein source in diets for broilers.*

*This study was undertaken to evaluate the earthworm meal as protein source by monitoring the growth of broiler chickens in a feeding trial. Earthworms were reared outdoors on cow manure. The harvested worms were sun dried and ground to produce a meal that was used as protein source in feeding trials. Three different diets were compared over a period of 56 days. Growth, food consumption, efficiency of food conversion and production efficiency factor were determined. It is concluded that earthworm meal has the potential to be utilized as a protein source in diets for broilers. Special density production systems would have to be developed to make the concept economically viable. Therefore these preliminary findings must be interpreted with due care.*

## INLEIDING

Verskeie erdwurmspesies kan suksesvol op organiese afval geteel word. Dit hou dus die moontlikheid in om afvalproteïene deur middel van hierdie wurmspesies te herwin. Die steeds toenemende vraagstuk van omgewingsbesoedeling deur organiese afvalstowwe vanaf intensiewe diereproduksie-eenhede en abattoirs sowel as die behoefte aan proteïenbronne beklemtoon die wenslikheid dat oplossings langs hierdie weë gesoek moet word.

Die bestudering van die basiese biologie van die erdwurmspesies wat vir hierdie doel aangewend kan word, verdien dus besondere aandag. Die welbekende Europese komposspesie *Eisenia fetida* (Savigny) is reeds intensief bestudeer (Neuhauser, Hartenstein & Kaplan,<sup>1</sup> Venter & Reinecke<sup>2</sup>) en hou groot belofte in as afvalverwerker. Hartenstein<sup>3</sup> is selfs die mening toegedaan dat hierdie spesie in terme van ruimte en tyd meer geskik is vir proteïenproduksie as enige ander organisme. Twee tropiese spesies, naamlik *Eudrilus eugeniae* en *Perionyx excavatus*, het ook in die jongste verlede aandag gekry (Viljoen & Reinecke<sup>4</sup> en Hallatt, Reinecke, & Viljoen<sup>5</sup>).

Lawrence & Millar<sup>6</sup> het voorgestel dat erdwurms as proteïenbron in dierevoedsel oorweeg moet word. Die voedingswaarde van erdwurms is egter eers in die laat-sewentigerjare wetenskaplik ondersoek. Harwood<sup>7</sup> en Sabine<sup>8</sup> het voedingsproewe uitgevoer terwyl McInroy<sup>9</sup> 'n analise van erdwurmproteïen onderneem het. Die aminosuursamestelling van erdwurmmeel is sedertdien bestudeer. Ons kennis is veral uitgebrei deur die werk van Schultz & Graff,<sup>10</sup> Sabine,<sup>8</sup> Yoshida & Hoshii,<sup>11</sup> Mekada, Hayashi, Yokota & Okamura,<sup>12</sup> Taboga,<sup>13</sup> Graff,<sup>14</sup> Reinecke & Alberts<sup>15</sup> en Alberts, Reinecke & Venter.<sup>16</sup> Laasgenoemde outeurs het die metaboliseerbare energiewaarde van erd-

TABEL 1

**Aanbevole vlakke van essensiële aminosure vir braaikuikens uitgedruk as 'n persentasie van die proteïen in die diët en die mate waartoe 'n diët bestaande uit slegs erdwurmmeel aan die behoefte kan voldoen (volgens Reinecke & Alberts<sup>15</sup>)**

Aminosuur	Braaikuikenbehoefte (%)	Erdwurmmeel			
		Aminosuursamestelling (%)		Voorsiening in behoefte (%)	
		1	2	1	2
Arginien	5,0	3,19	9,56	63,8	191,2
Fenielalanien	3,5	3,16	3,58	90,2	102,3
Histidien	2,0	2,26	3,57	113,0	178,5
Isoleusien	4,0	3,04	4,66	76,0	116,5
Leusien	7,0	7,35	9,83	105,0	140,4
Lisien	5,0	5,59	7,66	111,8	153,2
Metionien	2,0	2,57	1,81	128,5	90,5
Treonien	3,5	4,10	4,47	117,1	127,7
Triptofaan	1,0	0,81	—	81,0	—
Valien	4,3	3,48	6,01	80,9	139,8

1 en 2: Twee onafhanklike bepalings

wurmmeel bepaal. Edwards<sup>17</sup> kom tot die gevolgtrekking dat die omsetting van diere-afval tot wurmwefsel baie doeltreffend plaasvind. Jin-you, Xian-kuan, Zhi-ren, Zhen-yong, Yan-huo, Hong-bo, Xue-yan & Qiao-ping<sup>18</sup> meld dat hoenders wat met wurms gevoer is, vinniger in massa toeneem as dié wat met ander diëte gevoer is. Dié hoenders het ook beter ontwikkelde borsspiere en verbruik minder voedsel.

Hoewel daar dus baie gegewens beskikbaar is oor die proteïeninhoud en proteïenkwaliteit van erdwurmmeel, is die gegewens oor die prestasie van hoenders wat gevoer word met gebalanseerde, wetenskaplik geformuleerde diëte

nog gebrekkig. Die potensieële waarde van erdwurmmeel as proteïenbron blyk duidelik uit die werk van Reinecke & Alberts<sup>15</sup> en Alberts, Reinecke & Venter<sup>16</sup> (kyk tabel 1). Die proteïenkwaliteit van drie verskillende spesies is ook deur Reinecke, Hayes & Cilliers<sup>19</sup> (op die pers) nagevors.

Die doel van hierdie studie was om erdwurmmeel as proteïenbron vir braaikuikens te evalueer deur van wetenskaplik geformuleerde diëte gebruik te maak in voedingsproewe.

## MATERIAAL EN METODEDES

Die spesie *Eisenia fetida* is buitenshuis in goed gedreineerde putte geteel (figuur 1). Vars, urienvrye beesmis is as voedingsmedium gebruik. Die putte is met 70% skadunette oorspan. Bevolkingsdigtheid van 15 000 wurms per m<sup>2</sup> is in die boonste lae van die wurmputte gehandhaaf deur gereeld van die vars mis in 'n laagdikte van ongeveer 10 cm toe te voeg. Die voginhoud van die mis het bokant 60% gebly en die temperatuur in die put het gemiddeld tussen ongeveer 8 °C in die winter en 30 °C in die somer gewissel, sonder inagneming van uiterstes wat voorgekom het.

Die wurms is geoes met 'n rolsif, onder kraanwater gewas, vir 12 ure in oop panne gesondroog en daarna tot 'n meel gemaal wat as proteïenbron in die braaikuikendiëte gebruik is.

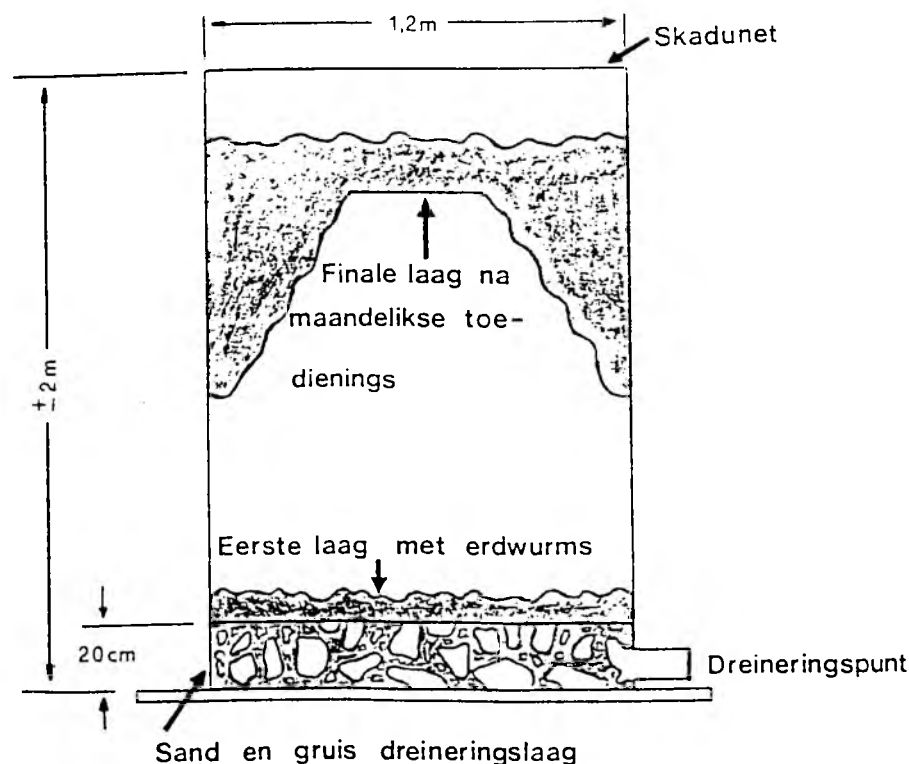
Drie verskillende diëte is in die voedingsproewe gebruik, elk bestaande uit 'n aanvangs- en 'n afrondingsdiëte. Twee van die diëte is deur liniêre programmering geformuleer om chemies identies te wees soos weergegee in tabel 2. Die eerste diëte het vismeel as proteïenbron gehad, terwyl die tweede erdwurmmeel bevat het. Die derde diëte het bestaan uit 'n kommersiële produk, Excella aanvangsdiëte (no. V607), wat opgevolg is deur Excella braaikuikenafron-

dingsdiëte (no. V1507). Die chemiese samestelling van die kommersiële diëte word in tabel 3 weergegee. In al die gevalle is dié kuikens vir 28 dae met die aanvangsdiëte gevoer, waarna die afrondingsdiëte vanaf dag 29 tot 56 gevoer is.

TABEL 2

Eksperimentele diëte wat in die voedingsproef (met braaikuikens) gebruik is en deur liniêre programmering geformuleer is(%)

Dieetkomponent	Aanvangsdiëte		Afrondingsdiëte	
	1 Vismeel	Wurmmeel	2 Vismeel	Wurmmeel
Geelmielies	69,50	58,50	76,00	69,00
Erdwurmmeel	—	26,00	—	14,00
Vismeel	16,75	—	13,25	—
Soja-oliekoek	11,00	11,25	6,50	12,25
Kalksteenpoeier	1,75	1,50	2,00	1,50
Sout	0,10	0,30	0,20	0,30
Plantolie	—	0,80	—	1,05
Monokalsiumfosfaat	0,50	1,25	0,50	0,10
Metionien	—	—	0,55	0,10
Lisien	—	—	0,45	0,40
Vitamiën-mineraal-mengsel	0,50	0,50	0,50	0,50
<b>Chemies</b>				
Proteïen	22,10	22,50	18,50	18,50
Vet	4,20	5,33	4,21	5,08
Vesel	2,33	0,67	2,35	2,62
Ca	1,20	0,89	1,20	0,79
Totale fosfor	0,70	0,70	0,60	0,60
Lisien	1,31	1,37	1,06	1,06
Arginien	1,31	1,20	1,06	1,05
Histidien	0,53	0,60	0,44	0,47
Treonien	0,90	1,07	0,74	0,83
Metionien	0,50	0,60	0,47	0,46
Metionien & sistien	0,82	0,96	0,75	0,75
Triptofaan	0,24	0,24	0,19	0,20
Isoleusien	1,04	0,99	0,85	0,84
ME (Mj.Kg <sup>-1</sup> )	13,17	13,08	13,39	13,39



FIGUUR 1: Teelput wat gebruik is vir massaproduksie van die erdwurm *Eisenia fetida*.

TABEL 3

**Die chemiese samestelling (%) van die kommersiële aanvangs- en afrondingsdieet**

Samestelling	Aanvangsdieet		Afrondingsdieet	
	Minimum	Maksimum	Minimum	Maksimum
Proteïen	22,00	—	18,00	—
Vog	—	12,00	—	12,00
Vesel	—	5,00	—	5,00
Kalsium	0,80	1,20	0,70	1,20
Fosfor	0,70	—	0,60	—
Lisien	1,10	—	0,81	—

Twintig dagoud kuikens (Cross-Hubbard variëteit) is in elke toetsgroep gebruik. Die getalle waarnemings word in die tabelle weergegee. Betekenisvolheid van verskille is d.m.v. Chikwadraattoetse vasgestel.

Die volgende kriteriums is gebruik om die prestasie van die kuikens te bepaal:

1. Groeikoers uitgedruk in terme van verandering in biomassa. Elke kuiken se massa is individueel bepaal met die aanvang van die ondersoek en daarna weekliks vir agt weke lank.
2. Voedselverbruik. Die voedselverbruik van elke groep as geheel is daaglik bepaal.
3. Doeltreffendheid van voedselomsetting. Die doeltreffendheid is bereken deur die totale voedselinname te deel deur die finale massa op dag 56. Die verhouding is as persentasie uitgedruk.
4. Produksiedoeltreffendheidsfaktor (PDF). Ten einde die drie groepe braaikuikens te vergelyk, is dié faktor soos volg bereken:

$$PDF = \frac{\text{Gemid. liggaamsmassa} \times \% \text{ oorlewing} \times 100}{\text{Voedselomsetting} \times \text{ouderdom in dae}}$$

5. Vetinhoud en koumaagletsels. Die kuikens is op dag 56 geslag en die dissekteerbare vet van die abdominaalwand, proventrikulus en koumaag is verwyder en geweeg. Die koumaag is ook vir letsels ondersoek.

## RESULTATE

### Groei

Die gemiddelde lewende massa van die braaikuikens wat op elk van die drie diëte gevoer is, word in tabel 4 weergegee. Uit dié tabel blyk duidelik dat al drie groepe dieselfde groeipatroon vertoon het. Die eerste sewe dae het die kuikens stadig in massa toegeneem, maar teen dag 14 het die lewende massa teen 'n vinniger koers toegeneem tot en met dag 56 toe die voedingsproewe gestaak is. Hierdie groeipatroon stem ooreen met die normale groeipatroon wat Scott, Nesheim & Young<sup>20</sup> by braaikuikens gevind het. Daar was egter nie 'n statisties betekenisvolle verskil in die groeitempo's by dag 14 nie.

Die hoogste gemiddelde lewende massa per kuiken van 2,07 kg is verkry op dag 56 by kuikens wat die dieet met erdwurmmeel as proteïenbron ontvang het. Die kuikens wat erdwurmmeel ontvang het, het tekens van 'n baie geringe voorsprong geopenbaar bo die kuikens wat die kommersiële en vismeeldiëte ontvang het. Die verskil was egter volgens 'n Chi-kwadraattoets nie statisties betekenisvol op die  $P = 0,05$ -vlak by die finale lewende massas van die drie groepe nie.

### Voedselinname

Die kuikens is *ad libitum* gevoed en die inname is daaglik gemonitor. Figuur 2 illustreer die gemiddelde kumulatiewe voedselinname van elk van die drie groepe vanaf uitbroeiing tot en met dag 56. Uit figuur 2 is dit duidelik dat die gemiddelde inname van die drie groepe braaikuikens (tabel 5) nie noemenswaardig van mekaar verskil het nie. Op 'n weeklikse basis het die groep wat die vismeeldiëte ontvang het, minder as die ander twee groepe verbruik. Die groep wat die kommersiële dieet ontvang het, het die hoogste kumulatiewe inname per kuiken (nl. 4,12 kg) aan die einde van die proefperiode vertoon. Dit was 0,23 kg per kuiken meer as die ander twee groepe. Die erdwurmmeel in die diëte van die braaikuikens het dus nie voedselinname betekenisvol beïnvloed nie. Weens die baie geringe verskille is toetse vir betekenisvolheid oorbodig geag.

### Doeltreffendheid van voedselomsetting en produksie

Voedsel word as die grootste uitgawe (60-70%) in die produksie van braaikuikens beskou. Die koers waarteen voedselomsetting na lewende massa geskied, is 'n goeie kriterium van doeltreffendheid. Die doeltreffendheid van voedselomsetting tot en met dag 56 word in tabel 5 weergegee. Die omsetting van die groep wat erdwurmmeel as proteïenbron ontvang het, het slegs in 'n geringe mate verskil ( $P > 0,05$ ) van die groep wat met die vismeeldiëte gevoer is. Die produksiedoeltreffendheidsfaktor word ook in tabel 5 weergegee. Die groep wat die erdwurmmeeldiëte ontvang het, het die hoogste PDF-waarde gehad naamlik 185,24. Dit het egter nie betekenisvol van die groep verskil wat die vismeeldiëte ontvang het nie, maar was betekenisvol beter as dié van die groep wat die kommersiële dieet ontvang het. Laasgenoemde se PDF-waarde was 165,0.

TABEL 4

**Die gemiddelde lewende massa (kg) van braaikuikens wat oor 'n periode van 56 dae drie verskillende diëte ontvang het. Standaardfoute word aangedui na elke gemiddelde waarde**

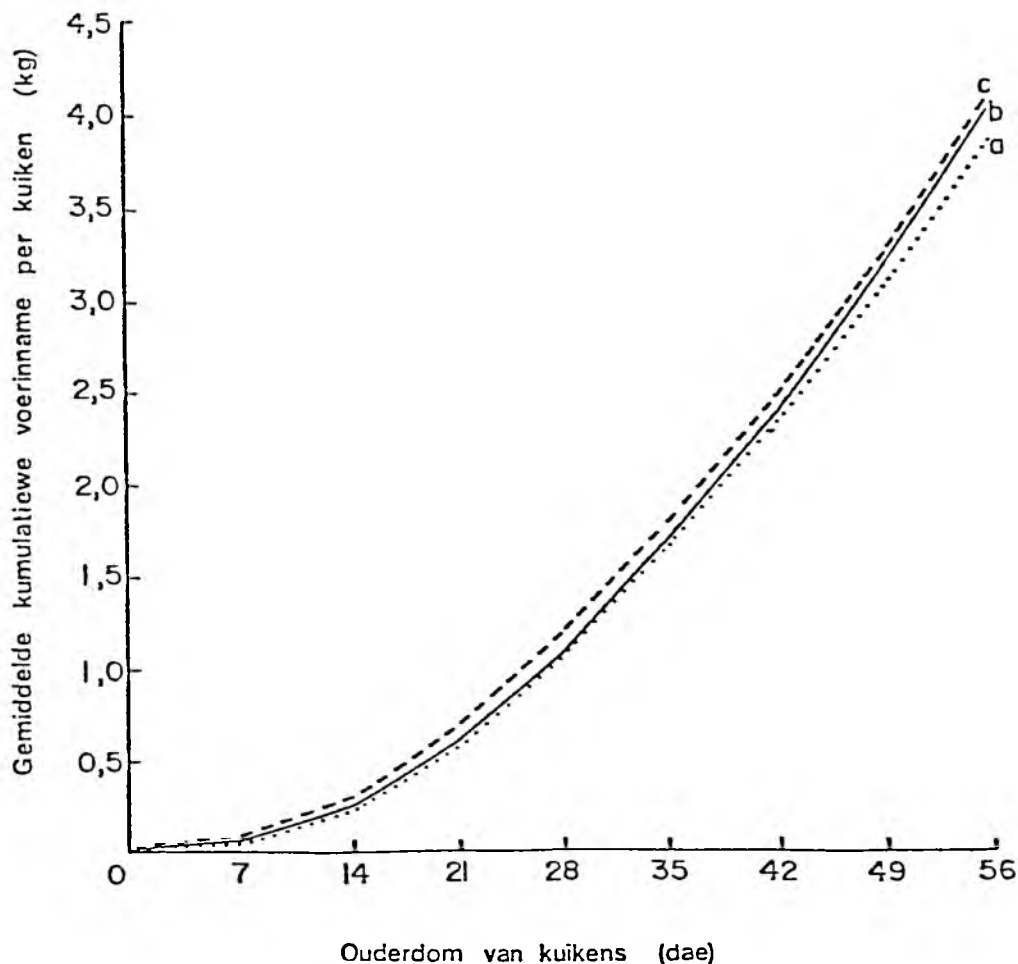
Diëte	Ouderdom van kuikens (dae)								
	1	7	14	21	28	35	42	49	56
Erdwurmmeel	0,0384 ±0,002	0,1001 ±0,004	0,2513 ±0,008	0,4840 ±0,015	0,7559 ±0,020	1,0214 ±0,026	1,2694 ±0,028	1,6848 ±0,036	2,0679 ±0,056
Vismeele	0,0379 ±0,001	0,0905 ±0,005	0,2296 ±0,013	0,4541 ±0,023	0,7345 ±0,030	1,0239 ±0,027	1,3418 ±0,048	1,6542 ±0,058	2,0229 ±0,065
Kommersiële	0,0385 ±0,001	0,0137 ±0,003	0,2537 ±0,001	0,4765 ±0,017	0,7293 ±0,026	0,9332 ±0,36	1,2378 ±0,044	1,5913 ±0,055	1,9707 ±0,074

TABEL 5

**Produksieparameters vir braaikuikens op drie verskillende diëte tot op 'n ouderdom van 56 dae**

Proteïenbron	Inname (kg)	Eindmassa (kg)	Omsettingsdoeltreffendheid (%)	PDF*
Wurmmeel	4,05	2,07	50,2	185,2
Vismeele	3,89	1,99	50,9	184,2
Kommersiële	4,12	1,93	46,9	165,0

\*Produksiedoeltreffendheidsfaktor



FIGUUR 2: Voedselinname van drie groepe braaikuikens oor 'n periode van 56 dae.  
a = wurmmeel, b = vismeel, c = kommersiële.

### Abdominaalvet en spysverteringskanaal

Die kuikens wat op die erdwurmmeeldieet grootgemaak is, het op sig minder vet rondom die koumaag gehad, terwyl die totale abdominaalvet ook op sig minder was as dié van die ander twee groepe. Hierdie waarneming verdien egter verdere ondersoek, omdat statistiese betekenisvolheid nie bevredigend in hierdie studie getoets is nie.

In enkele gevalle het braaikuikens wat met kommersiële en vismeeldiëte gevoer is, duidelike letsels in die voering van die koumaag vertoon. Die spierwand van die spysverteringskanaal het tekens getoon dat dit beter ontwikkel was by die groep wat met die erdwurmmeeldieet gevoer is. Volgens Hakansson & Eriksson<sup>21</sup> kan dit die gevolg wees van die groot hoeveelheid onverteerbare organiese materiaal in die dieet. Daar kan bloot gespekuleer word dat laer verteerbaarheid van die erdwurmmeel moontlik die oorsaak mag wees dat die muskulatuur van die spysverteringskanaal beter ontwikkel het. Studies om dit te bepaal is egter nodig.

Die drie groepe braaikuikens het almal dieselfde geel epidermale pigmentasie vertoon, waarskynlik omdat al die eksperimentele diëte geelmelies in voldoende hoeveelhede bevat het.

### BESPREKING

Uit hierdie studie kan afgelei word dat erdwurmmeel wat verkry is deur die droging van wurms van die spesie *Eise-*

*nia fetida* die potensiaal het om as proteïenbron in braaikuikendiëte gebruik te word.

Verskeie faktore soos groeikoers, voedselinname, voedselomsetting en mortaliteit dra by tot die doeltreffende produksie van braaikuikens. Wanneer verskillende diëte in biologiese toetse vergelyk word, moet die wisselwerking van al die faktore in aanmerking geneem word. Berekenings het getoon dat die dieet wat die erdwurmmeel as proteïenbron bevat het, die hoogste produksiedoeltreffendheidsfaktor opgelewer het. Dit is 'n aanduiding dat die betrokke diëet goed gebalanseerd was en al die noodsaaklike nutriënte bevat het om vinnige groei en ontwikkeling van die braaikuikens te verseker.

Reinecke & Alberts<sup>15</sup> en Alberts, Reinecke & Venter<sup>16</sup> sowel as verskeie ander outeurs het reeds aangetoon dat erdwurmproteïen die essensiële aminosure bevat wat nodig is vir braaikuikens. Voorts het hulle aangetoon dat die proteïen se ware metaboliseerbare energiewaarde gunstig vergelyk met dié van vismeel en karkasmeel. Hulle bevindinge sowel as die besonder gunstige bevindinge van die huidige studie beklemtoon die wenslikheid vir verdere navorsing met die oog op die ontwikkeling van doeltreffende erdwurmproduksiestelsels. Slegs dan sal die kommersiële lewensvatbaarheid van hierdie konsep finaal getoets kan word, aangesien erdwurmproteïen steeds moet kan kompeteer binne die heersende ekonomiese raamwerk.

Aspekte wat verdere aandag verdien, is onder andere die

moontlike gevare wat akkumulering van toksiese swaarmetale in erdwurmweefsel inhou. Verskeie navorsers<sup>22,23,24</sup> het aangetoon dat die meeste van die swaarmetale in erdwurmweefsel kan opbou. Dit sal egter afhang van die tydskedule wat die wurms leef voordat hulle geoes word.

Dit is ook bekend dat erdwurms as tussengashere vir 'n verskeidenheid van parasiete en patogene kan optree.<sup>25</sup> Dié aspek verdien verdere aandag in toekomstige navorsingsprogramme oor die benutting van wurmproteïene in dierevoeding.

In die braaikuikenbedryf word 'n kuiken normaalweg na 42 dae geslag wanneer dit sowat 2,5 kg voedsel verbruik het. Die erdwurms wat in buiteputte geteel is, het 'n gemiddelde biomassa van 0,5 g elk na ongeveer ses weke onder gunstige klimaatstoestande bereik. 'n Enkele braaikuiken benodig ongeveer 0,5 kg wurmmeele of nagenoeg 5 000 lewende wurms. Hierdie syfers dui daarop dat konvensionele teelmetodes (waarvolgens erdwurms in beddings of putte geteel word en digthede van 10 000 tot 20 000 wurms per m<sup>2</sup> bereik word) op omvangryke oppervlakte bedryf sal moet word ten einde enigsin te kan voorsien in die proteïenbehoefte van die braaikuikenbedryf. Spesiale hoëdigtheidstelsels vir die produksie van die erdwurms sal derhalwe ontwikkel moet word om die konsep se ekonomiese lewensvatbaarheid te verseker. Die bevindinge van die huidige ondersoek moet in die lig hiervan met versigtigheid hanteer word.

#### BEDANKINGS

Dank is verskuldig aan mnr. J.N. Alberts (navorsingsassistent) vir sy voortreflike bydraes in die uitvoering van hierdie ondersoek. Ook aan mnr. P. Lombard vir hulp met die formulerings van die diëte en mnr. J. Serfontein wat die kuikens verskaf het. Die finansiële steun van SNO word met dank erken.

#### VERWYSINGS

1. Neuhauser, E.F., Hartenstein, R. & Kaplan, D.L. (1980). Growth of the earthworm *Eisenia foetida* in relation to population density and food rationing, *Oikos*, 35, 93-98.
2. Venter, J.M. & Reinecke, A.J. (1988). The life-cycle of the compost worm *Eisenia foetida* (Oligochaeta), *S.A. Journal of Zoology*, 23(3), 161-165.
3. Hartenstein, R. (1983). Assimilation by the earthworm *Eisenia foetida*. In *Earthworm ecology*, Satchell, J.E. (Chapman & Hall, London) pp. 297-308.
4. Viljoen, S.A. & Reinecke, A.J. (1989). The life-cycle of the african nightcrawler, *Eudrilus eugeniae* (Oligochaeta), *S. Afr. J. Zool.*, 24(1), 27-32.
5. Hallatt, L., Reinecke, A.J. & Viljoen, S.A. (1990). Lifecycle of the oriental compost worm *Perionyx excavatus* (Oligochaeta), *S. Afr. J. Zool.*, 25(1).
6. Lawrence, R.D. & Millar, R.H. (1945). Protein content of earthworms, *Nature*, Lond. 3939, 517.
7. Hardwood, M. (1976). Recovery of protein from poultry waste by earthworms. In *Proc. 1st Australian Poultry and Stockfeed Conf.*, (Melbourne) pp. 138-143.
8. Sabine, J.R. (1978). The nutritive value of earthworm meal. In *Utilization of soil organisms in sludge management*, Hartenstein, R. eds. (State University of New York, Syracuse) pp. 122-130.
9. McInroy, D.M. (1971). Evaluation of the earthworm *Eisenia foetida* as food for man and domestic animals, *Feedstuffs*, 43: 37-46.
10. Schultz, E. & Graff, O. (1977). Zur bewertung von Regenwurmmehl aus *Eisenia foetida* (Savigny 1826) als Eiweissfuttermittel, *Landbouforshung Volkenrode*, 27(3), 216-218.
11. Yoshida, M. & Hoshii, H. (1978). Nutritional value of earthworms for poultry feed, *Japan Poult. Sci.*, 15(6), 308-311.
12. Mekada, H., Hayashi, N., Yokota, H. & Okumura, J. (1979). Performance of growing and laying chickens fed diets containing earthworms (*Eisenia foetida*), *Japan Poult. Sci.*, 16(5), 293-297.
13. Taboga, L. (1980). The nutritional value of earthworms for chickens, *Brit. Poult. Sci.*, 21, 405-410.
14. Graff, O. (1982). Vergleich der Regenwurmaraten *Eisenia foetida* und *Eudrilus eugeniae* hinsichtlich ihrer Eignung zur Proteingewinnung aus Abfallstoffen, *Pedobiologia*, 23, 277-282.
15. Reinecke, A.J. & Alberts, J.N. (1987). Die chemiese en aminosuursamestelling van die komposwurm *Eisenia foetida* (Oligochaeta) as potensiele proteïenbron vir dierevoeding, *S.Afr. Tydskr. Natuurwet. en Tegnol.*, 6(4), 144-149.
16. Alberts, J.N., Reinecke, A.J. & Venter, J.M. (1988). Die metaboliseerbare energiewaarde van erdwurmmeele (*Eisenia foetida*, Oligochaeta) as potensiele proteïenbron vir dierevoeding, *S.Afr. Tydskr. Natuurwet. en Tegnol.*, 7(1), 9-14.
17. Edwards, C.A. (1985). Production of feed protein from animal waste by earthworms, *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, B 310, 299-307.
18. Jin-You, Xian-Kuan, Zhi-Ren, Zhen-Yong, Yan-Huo, Hong-Bo, Xue-Yan, Qiao-Ping. (1982). Experimental research on the substitution of earthworm for fish meal in feeding broilers, *J. So. China Normal Coll.*, 1, 88-94.
19. Reinecke, A.J., Hayes, J. & Cilliers, S.C. (1990). Protein quality of three different species of earthworms. (Op die pers).
20. Scott, M.L., Nesheim, M.C. & Young, R.J. (1978). Nutrition of the chicken (Scott & Asc. 2nd Ed. New York).
21. Hakansson, J. & Eriksson, S. (1976). Feed consumption, growth and development of different organs in chicks given feeds of low or high energy content, *Stencilsérie no. 31, Lantbrukshögskolan*.
22. Hartenstein, R., Neuhauser, E.F. & Collier, J. (1980). Accumulation of heavy metals in the earthworm *Eisenia foetida*, *J. Environmental Quality*, 9(1), 23-26.
23. Ireland, M.P. (1979). Metal accumulation by the earthworms *Lumbricus rubellus*, *Dendrobaena veneta* and *Eiseniella tetraedra* living in heavy metal polluted sites, *Environmental pollution*, 19, 201-206.
24. Van Hook, R.I. (1974). Cadmium, lead and zinc distribution between earthworms and soils: potentials for biological accumulation, *Bull. Environmental Contamination and Toxicology*, 12(4), 509-512.
25. Rysavy, B. (1969). Lumbricidae – an important parasitological factor in helminthoses of domestic and wild animals, *Pedobiologia*, 9, 171-174.