

I N S T I T U U T   V O O R   B O D E M V R U C H T B A A R H E I D

NOTA 9

FRACTIONERING VAN VARKENS-DRIJFMEST. EIWITWINNING?

door

H. VAN DIJK

---

Nota's van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid zijn in principe interne communicatiemiddelen en worden derhalve niet als officiële publikaties beschouwd. Zij zullen veelal resultaten van niet afgesloten onderzoek bevatten en/of als discussiestuk dienen. Eventuele conclusies mogen niet als definitief worden beschouwd.

Deze nota's worden slechts in beperkte mate of in het geheel niet buiten het Instituut verspreid.

---

1974

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Oosterweg 92, Haren (Gr.)

OCN: 1085892647

19n: 2250182

## 1. CHEMISCHE SAMENSTELLING VAN VARKENS-DRIJFMEST

Van Es (IVVO) vermeldt voor feces van mestvarkens van 20-90 kg (in % van droge stof):

d.s.	as	RE(=Nx6,25)	R.vezel	vet
20-35	18-22	15-20	17-20	3-5

Uit andere gegevens (ontvangen van IVVO en ILOB) volgt voor de feces (in % van vers):

	d.s.	as	R.eiwit	R.celst.	R.vet
IVVO(s)	35,0(2,6)	7,1(3,4)	6,2(0,6)	6,3(0,8)	2,0(1,2)
ILOB			6,5(+ 2)	5(+ 2)	2,5(+ 1)

Van Es vermeldt verder een N-gehalte voor varkensurine van 0,2-0,9%. Uit ILOB-gegevens volgt 0,9-1,4% en een produktieverhouding urine/feces van 2,2 tot 4,2.

Uit een Hongaars rapport stammen de cijfers:

	feces	urine	produktie urine/feces
% d.s.	18-23	2-3	
% N	0,4-0,6	0,45-0,80	1,4-2,0
% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,4-0,5	0,05-0,10	(gem.1,7)

De variaties hangen o.a. samen met de leeftijd van het varken en de voedersamenstelling (en hoeveelheid opgenomen vocht).

Varkensdrijfmest (vdm) bestaat niet alleen uit feces en urine maar kan wat strooisel bevatten en is vaak verdund met spoelwater. De organische stof stamt (ureum niet als organische stof gerekend) vrijwel geheel uit de feces, de stikstof voor meer dan de helft uit de urine. Bij de samenstelling van de droge stof kan ook de bewaartijd van de mest een rol spelen.

Tabel 1 geeft een aantal gegevens over vdm, ontleend aan: a) Fomeva-rapport (1974, 7 praktijkbedrijven in Asten); b) ILB-RAAD-RIZA-nota (1970); c) Kolenbrander en de la Lande Cremer (1967); d) de Waart (1974), 5 monsters).

Tabel 1. Samenstelling vdm (alle gehalten in g/l)

	ds	as	(org.stof)	N <sub>Kj.</sub>	NH <sub>4</sub> -N	C/N*	COD	BOD	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
a)	78	21	ca.53	6,3	3,9	5	84	34,7	2,9
b)	56	12	ca.40	3,7	4,0	6	56,6	26,8	
	55	12	ca.40	6,9	6,8	3	58,5	26,5	
c)	80	17	ca.60	7,0					4,0
d)	120	27	ca.90	6,4	4,0	*	schatting uit 3/8x		

Inderdaad blijkt uit tabel 1 een aanzienlijke variatie t.a.v. de samenstelling van vdm. Afgaande op de gegevens van ILOB, IVVO en CIVO zijn ruw eiwit en ruwe celstof (hemicellulose-cellulose-ligninecomplex) in ongeveer gelijke hoeveelheden aanwezig. De (zeer weinige) beschikbare gegevens wijzen op

een verhouding (hemicellulose + cellulose) : lignine bij varkensfeces van ca. 4 : 1. Minstens de helft van het "ruwe eiwit" =  $(N_{\text{Kjel}} - N_{\text{NH}_4}) : 6,25$  bestaat uit echte eiwitstoffen, voornamelijk in de vorm van bacteriëel eiwit van de darmmicroflora.

## 2. FYSISCH FRACTIONERING EN CHEMISCHE SAMENSTELLING VAN DE VERKREGEN FRACTIES.

### a. CTI-IB-onderzoek.

Van het CTI-TNO is een rapport verschenen over "Het analytisch fraktioneren van varkensdrijfmest" (mei 1974, auteur: H.M. van der Laan). O.a. betreft dit een fractionering met microprecisiezeven van drijfmest die werd verdund met "moederloog" verkregen door hoge-druk-filtratie. Deze fractieserie is hier verderop aangeduid als serie B, in het CTI-rapport beschreven als proef 1. Daarnaast is een niet in het CTI-rapport beschreven fractionering uitgevoerd met water als verdunningsvloeistof. Deze fractieserie is hier verderop aangeduid als serie A.

In aansluiting op dit onderzoek zijn op het IB enkele bepalingen uitgevoerd betreffende de chemische samenstelling van deze fracties. Aantal en keuze van bepalingen waren zeer beperkt omdat de verkregen gewichtshoeveelheden van de fracties klein waren en de heterogeniteit, vooral van de grovere fracties, groot. Gekozen werd voor een oxidatie met een chroomzuurmengsel (volgens Kurmies). Uit eerder onderzoek is bekend dat  $3/8$  x chemisch zuurstofverbruik (COD, in %) ongeveer overeenkomt met het percentage koolstof in het monster. Verder is uit vooronderzoek gebleken dat de hoeveelheid  $\text{NH}_3$  die na de oxidatie en alkalisch maken kan worden overgedestilleerd vrij goed de hoeveelheid benadert verkregen na destructie volgens Kjeldahl. Overigens moet worden opgemerkt dat de fracties waren gedroogd bij  $60^\circ\text{C}$  en 350 mm Hg-druk. Voorzover er ammoniakstikstof aanwezig was zal hiervan een deel zijn vervluchtigd. Naderhand is gebleken dat P, in het oxidatiemengsel bepaald volgens de metolmethode, ongeveer overeenkomt met totaal-P. Deze bepaling werd daarom bij serie B uitgevoerd.

(N.B. Bij deze oxidatie met chroomzuur wordt droog monstermateriaal ingewogen. Bij de gebruikelijke COD-bepaling aan waterige suspensies is de destructie onvolledig en worden daardoor zowel voor C als voor N en voor P aanzienlijk lagere uitkomsten verkregen!)

De hoeveelheden van de fracties waren bij serie A voldoende om ook een bepaling van het gehalte aan "ruw vezel" uit te voeren (voorschrift CIVO werd gevolgd). Aan het eind werd echter in de "vezel" een C- en N-bepaling gedaan volgens Kurmies.

De resultaten verkregen bij serie A staan vermeld in tabel 2. De cijfers in kolom b zijn ontleend aan tabel 1 van het CTI-rapport. (Aangenomen werd n.l. dat de vervanging van "moederloog" door water de fractieverdeling niet al te drastisch beïnvloedt). De cijfers in de kolommen b en f t/m j zijn dus in feite schattingen.

Uit kolom e blijkt de C/N-verhouding bij de  $125 \mu\text{m}$

zeef scherp te dalen. Door zeven kunnen we de mest dus verdelen in N-rijker en N-armer materiaal. Daarbij moet worden vermeld dat in de grofste fractie reeds met het blote oog veel "pantser" van larven e.d. te zien waren. Kennelijk was de drijfmest niet vers. Daardoor is vrij zeker het N-gehalte van deze fractie hoger dan bij de verse mest het geval zou zijn geweest.

Van de koolstof die (naar schatting) in totaal in de "suspended solids" aanwezig was (30,9%) blijft ongeveer 1/3 op de 125  $\mu\text{m}$  zeef achter (kolom h). Dit blijkt voor 20 à 25% ruw-vezel-koolstof te zijn (kolom k betrokken op kolom c). Dat dit geen zuivere lignine-cellulose-hemicellulose is, blijkt uit het N-gehalte (kolom l), dat dan n.l. nul had moeten zijn. Volgens de analyse zou ook de fractie "suspended solids" < 45  $\mu\text{m}$  nog wat ruw-vezel bevatten, nota bene met een C/N van ca. 1! O.i. kan men gevoegelijk stellen dat van de "ruwe vezel" vrijwel niets de 125  $\mu\text{m}$  zeef passeert.

Van de stikstof die (naar schatting) in totaal in de "suspended solids" aanwezig is (2,29 g per 100 g d.s.; daarnaast zal nog een aanzienlijke hoeveelheid N in de restoplossing aanwezig zijn geweest, maar dit is niet bepaald) blijft slechts ca. 10% op de zeven > 125  $\mu\text{m}$  achter (kolom j), terwijl ca. 86% de 45  $\mu\text{m}$  zeef passeert en gewonnen wordt door afcentrifugeren bij 3200 g. Als dit "ruw eiwit" is, dan zou op deze wijze dus ca. 12 g "ruw eiwit" zijn gewonnen uit 100 g d.s. oftewel 4 l vdm met 2,5% d.s.

De resultaten verkregen bij serie B staan vermeld in tabel 3. De cijfers geven een goede bevestiging van de conclusies getrokken uit die van serie A (het was dan ook één partij drijfmest). Van het fosfaat dat in totaal in de "suspended solids" aanwezig is (5,86 g per 100 g d.s.; onbekend is wat nog in de restoplossing aanwezig was) blijft slechts 10% op de zeven > 125  $\mu\text{m}$  achter, terwijl ruim 80% de 45  $\mu\text{m}$  zeef passeert en gewonnen wordt op de fijnere zeven en door afcentrifugeren.

#### Voorlopige conclusies:

De vezelfractie in vdm lijkt via zeven met maaswijdte 100 à 200  $\mu\text{m}$  grotendeels af te scheiden van de rest, waaruit (bacteriëel) eiwit is te winnen door centrifugeren.

De vezelfractie is relatief veel armer aan N en P (en ongetwijfeld ook K) dan de totale mest.

#### *b. Aanvullend IB-onderzoek en enkele literatuurgegevens.*

In het bovenbeschreven onderzoek zitten nog hiaten die voor een totale balans en voor een verdere evaluatie van de resultaten moeten worden opgevuld. O.a. betreft dit de samenstelling van de restoplossing; stikstofbepalingen in fracties waaruit bij het drogen geen  $\text{NH}_3$  is verdwenen; de verdeling in totaal- en  $\text{NH}_4$ -N; de verdeling van Cu over de diverse fracties; de biologische afbreekbaarheid van de frac-

ties e.d. Verder is niet bekend wat de spreiding in de gehalten is in de praktijk, de invloed van de leeftijd van het dier, van de voedersamenstelling (incl.Cu), van de bewaartijd van de mest e.d.

Om een (voorlopige) indruk te krijgen van de eerstgenoemde punten is op het IB een onderzoekje gedaan aan verse drijfmest, bereid door gescheiden opgevangen varkensfeces en -urine (proefdieren van het ILOB) in de verhouding 1 op 2,5 (dit werd als productieverhouding opgegeven) te mengen en met water te verdunnen tot 8% d.s. Deze drijfmest werd gezeefd op een 200  $\mu$ m zeef (electrische trilzeef. Fractie I). Wat de zeef passeerde werd in tweeën verdeeld en met en zonder flocculatiemiddel (Hercofloc 859, 400 mg poeder per 100 g d.s.) gecentrifugeerd in een buizen-centrifuge bij 1100 g (fractie IIa<sup>+</sup> en IIa<sup>-</sup>). Het supernatant werd daarna nog gecentrifugeerd in een high-speed centrifuge (16000 g; fractie IIb<sup>+</sup> en IIb<sup>-</sup>). De restoplossingen zijn de fracties III<sup>+</sup> en III<sup>-</sup>. Vervolgens werden de uitgangsmest (0) en de diverse fracties (fracties III deels) geanalyseerd op droge stof, as en bij 600°C "vluchtige stof", C (Kurmies), N (Kjeldahl), NH<sub>4</sub>-N, P-totaal en Cu. De resultaten zijn weergegeven in tabel 4. Enkele punten: Uit tabel 4a blijkt o.a. dat het gehalte aan N, "ruw eiwit" en Cu bij de vezelfractie (I) veel tot zeer veel lager is dan bij de ongedeelde mest, terwijl het fosfaatgehalte gelijk is, bij I echter kennelijk in minder oplosbare vorm.

Opmerkelijk is dat de restoplossing niet alleen veel stikstof bevat maar vooral dat een groot deel hiervan in organische vorm is. Misschien is dit echter deels nog-niet-gehydrolyseerde ureum! Uit tabel 4b blijkt o.a. dat bij het centrifugeren met een betrekkelijk lage versnelling van de zwaartekracht (1100 g) het grootste deel van wat afgecentrifugeerd kan worden, reeds verkregen is. Verder leverde het gebruik van het uitvlokkingsmiddel weinig profijt. Het laatste in tegenstelling tot ervaringen vermeld in een recent rapport over proeven bij Fomeva (waarbij de mest overigens veel minder vers was).

Uit de (als deficit) berekende C (Kurmies) voor de restoplossing volgt een geschatte C/N-verhouding van 2. De V.S./N-verhouding is ca.3 bij de restoplossing. Verder is het (berekende) Cu-gehalte hierin nul, of althans zeer laag.

Tabel 4c geeft de verdeling van as, "vluchtige stof", etc. in procenten over de fracties. Opvallend is dat nog 1/3 van de koolstof en zelfs ca.2/3 van de stikstof in de restoplossing zit. (Overigens blijkt vooral bij stikstof de som van wat gevonden is nogal af te wijken van 100%. Kennelijk is er bij al de bewerkingen nogal wat verloren gegaan (deels als NH<sub>3</sub> ontweken?)).

Het fosfaat lijkt hier vrij regelmatig over de fracties te zijn verdeeld, maar het Cu zou voor 80 à 90% in de fractie II terecht zijn gekomen.

Over de verdeling van droge stof en "vluchtige stof" en over de biologische afbreekbaarheid van de fracties vermeldt een Engelse publicatie (Hissett):

fractie	d.s.		"vluchtige stof"		BOD		BOD
	g/l	%	g/l	%	g/l	%	"VS"
compleet	140	100	116	100	40	100	0,3
> 220 $\mu$ m	64	46	72	62	5	13	0,07
9000 g	52	37	34	29	21	52	0,6
ultrafilt. (MG > 30.000)	8	6	5,8	5	3	7	0,5
opgeloste stoffen	15	11	4,6	4	11	28	2,4

De zeeffractie zou dus biologisch relatief erg stabiel zijn en de opgeloste stoffen het best afbreekbaar (de relatief hoge BOD wordt hier echter deels veroorzaakt door  $\text{NH}_4$ -stikstof). De fractie afgecentrifugeerd bij 9000 g zou een hoog gehalte aan bacterie-eiwit hebben.

Overeenkomstige conclusies staan in een recent Schots rapport.

### 3. PERSPECTIEVEN

De gegevens verkregen bij bovenstaand onderzoek (uiteraard nog nader te verifiëren) openen o.i. bepaaldelijk perspectieven voor een verwerking van varkensdrijfmest waarbij achtereenvolgens

- I een vezelfractie wordt gewonnen door zeven ( $100 \text{ à } 200 \text{ } \mu\text{m}$ )
- II een eiwitfractie wordt gewonnen door bijv. centrifugeren en drogen
- III een restoplossing wordt verkregen die in een actief-slibstelsysteem kan worden verwerkt tot microbiële biomassa (eiwit) en een effluent waaruit N en P (en COD en BOD) in zodanige mate zijn verwijderd dat het kan worden geloosd op het oppervlaktewater.

I is een goed stapelbaar product dat volgens Schotse ervaringen, ook bij langere tijd in de hoop composteren, geen stankbezwaren meer geeft. Het kan bijv. als organische meststof in grote doses worden aangewend omdat het gehalte aan o.a. N, K, Cu sterk is gereduceerd. In de USA wordt een dergelijk product, bereid uit rundermest, geënsileerd en verwerkt tot veevoer (Cereco-proces).

II zou wellicht kunnen worden verwerkt tot eiwitrijk (bestanddeel van) veevoer (ook bij Cereco; hoog Cu-gehalte), evenals het "actief slib" (laag Cu-gehalte). Nader onderzoek (reeds op het IB-programma) moet uitwijzen of fractie II zonder bezwaar het actief-slib-proces mee kan ondergaan, waarna het pas aan het eind wordt afgescheiden. Volgens Schots onderzoek zou het n.l. niet aan sterke afbraak onderhevig zijn. Nagegaan moet worden (eveneens reeds op het IB-programma) of de restoplossing nog voldoende C-bron bevat om het nitrificatie-denitrificatieproces zo volledig mogelijk te laten verlopen. Uitgesloten lijkt het niet, gezien de tot dusver opgedane ervaringen.

Over "single cell protein" productie is opgemerkt dat deze pas rendabel is bij minstens  $10^4$ - $10^5$  ton per jaar. Stel dat dit ook zou gelden voor de eiwitwinning uit vdm op de hierboven geschetste wijze:

Uit tabel 2-4 volgt dat  $5 \text{ à } 12 \text{ g}$  ruw eiwit, d.i. ongeveer  $2,5 \text{ à } 6 \text{ g}$  werkelijk eiwit per  $100 \text{ g}$  d.s. in fractie II aanwezig is, d.i.  $2 \text{ à } 4,8 \text{ kg}$  werkelijk eiwit per ton vdm met  $8\%$  d.s. Voor  $10^4$  ton zou  $2 \text{ à } 5 \cdot 10^6$  ton vdm nodig zijn. Daarbij is het eiwit, te winnen als actief slib bij de behandeling van de restoplossing, buiten beschouwing gelaten.

We kunnen het ook van een andere kant benaderen. In fermentorproeven in het laboratorium met vdm ( $50 \text{ g d.s./l}$ ) die gezeefd was op een  $600 \text{ } \mu\text{m}$  zeef is actief slib gewonnen ( $30 \text{ g d.s./l}$ ) waarin  $5_4 \text{ à } 10 \text{ g scp}$ . Voor  $10^4$  ton scp zou dus nodig zijn  $5 \text{ à } 10 \cdot 10^4$  ton d.s. oftewel  $1 \text{ à } 2 \cdot 10^6$  ton vdm met  $5\%$  d.s.

De vraag is echter of ook het hier geschetste procedé



pas rendabel is bij minstens  $10^4$  ton scp per jaar. Een Cereco-"folder" spreekt van een "full-scale plant" bij verwerking van 100 ton mest per dag, afkomstig van 10.000 runderen. Dit zou in ons geval betekenen de mest van ca. 50.000 varkens. Volgens een rapport van de Grontmij (juni 1972) zou dit bijv. worden geproduceerd in de Peel in gebieden met een straal van 6 km.

september 1974

Tabel 2. Zeefanalyse en samenstelling van de zeeffracties, serie A

(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)	(j)	(k)	(l)
fractie ( $\mu$ m)	g d.s. uit 1 l vdm	C <sub>Kurm</sub> (%)	N <sub>Kurm</sub> (%)	$\frac{C_{Kurm}}{N_{Kurm}}$	in % van totale d.s. (25,0 gram)			R.Vezel- C	R.Vezel- N		
					d.s.	C <sub>Kurm</sub>	N <sub>Kurm</sub>	%	%		
>1200	1,6	46,2	1,24	37	6,3	2,9	34% van	0,08	10%	9,2	0,2
210-1200	3,3	48,6	1,06	46	13,3	6,5		0,14	van	9,6	0,2
125- 210	0,7	43,8	0,90	49	2,7	1,2	30,9	0,02	2,29	10,8	0,3
45- 125	0,9	34,0	2,11	16	3,6	1,2		0,08		3,6	0,3
<45; 3200g	12,5	38,0	3,92	10	50,2	19,1	62%	1,97	86%	0,6	0,6
restopl.	6,0	n.b.	n.b.		24,0	n.b.		n.b.		n.b.	n.b.
totaal	25,0				100,1	30,9+?		2,29+?			

Tabel 3. Zeefanalyse en samenstelling van de zeeffracties, serie B (proef 1 CTI)

Fractie ( $\mu$ m)	g d.s. uit 250 ml vdm	C <sub>Kurm</sub> (%)	N <sub>Kurm</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Kurm (%)	$\frac{C_{Kurm}}{N_{Kurm}}$	in % van totale d.s. (6,25 gram)						
						d.s.	C <sub>Kurm</sub>	N <sub>Kurm</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Kurm			
>1200	0,58	42,4	1,61	2,7	26	9,3	3,9	33%	0,15	14%	0,25	10%
200-1200	0,68	43,4	0,87	1,6	48	10,9	4,7	van	0,09	van	0,17	van
125-200	0,21	39,2	1,22	4,5	33	3,4	1,3	30,2	0,04	2,04	0,15	5,86
45-125	0,23	31,3	1,91	11,2	16	3,7	1,2		0,07		0,41	
20-45	0,22	31,9	2,30	14,4	14	3,5	1,1		0,08		0,50	
10-20	0,46	36,2	2,40	13,1	15	7,4	2,7	63%	0,18	83%	0,97	83%
<10; 3200g	2,37	40,3	3,77	9,0	11	37,9	15,3		1,43		3,41	
restopl.	1,50	n.b.	n.b.	n.b.		24,0	n.b.		n.b.		n.b.	
totaal	6,25					100,1	30,2+?		2,04+?		5,86+?	

Tabel 4. Chemische samenstelling van een monster verse vdm en van fracties hiervan

a) fractie	d.s.	berekend op de droge stof van de fracties								
		as	VS	C <sub>Kurm</sub>	N <sub>Kjel</sub>	$\frac{C_{Kurm}}{N_{Kjel}}$	NH <sub>4</sub> -N	org.N x6,25	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cu
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(ppm)
0 (compleet)	8,0	27,6	72,4	39,6	9,87	4	7,47	15,0	2,1	950
I (200 um)	14,4	14,8	85,2	41,1	1,59	26	1,15	2,8	2,1	410
IIa (1100 g)	21,4	41,3	58,7	38,2	5,00	8	2,00	18,8	2,3	2830
IIb (16000g)	18,6	25,8	74,2	50,1	5,84	9	1,73	25,7	n.b.	4920
III (restopl.)	3,6	34,6	65,4	n.b.	23,5		18,3	32,5	n.b.	n.b.
IIa <sup>+</sup> (met	17,4	39,9	60,1	37,7	3,42	11	3,06	2,2?	2,4	3180
IIb <sup>+</sup> (Flocculant)	15,6	22,2	77,8	41,4	6,41	6	2,23	26,1	n.b.	5220
III <sup>+</sup>	3,6	33,4	66,6	n.b.	22,0		17,9	25,6	n.b.	n.b.

b) Uitgedrukt in % van de totale droge stof in de vdm

I	38	5,6	32,4	15,6	0,60	26	0,44	1,1	0,8	160
IIa	25	10,3	14,7	9,6	1,25	8	0,50	4,7	0,6	710
IIb	3	0,8	2,2	1,5	0,18	9	0,05	0,8)		150
III	28	9,7	18,3	12,9*	6,6	2*	5,12	9,1)	0,7*	0*
IIa <sup>+</sup>	29	11,6	17,4	10,9	0,99	11	0,89	0,6?	0,7	920
IIb <sup>+</sup>	2	0,4	1,6	0,8	0,13	6	0,04	0,5)		100
III <sup>+</sup>	28	9,4	18,6	12,3*	6,2	2*	5,00	7,2)	0,6*	0*

\* berekend uit deficit van het totaal

c) Uitgedrukt in % van het totaal aan het betreffende element of groep in de vdm

I	38	20	45	39	6	6	7	38	17
IIa	25	37	20	24	13	7	31	29	74
IIb	3	3	3	4	2	1	5)		16
III	28	35	25	33*	67	68	61)	33*	0*
	94	95	93	100	88	82	104	100	107
I	38	20	45	39	6	6	7	38	17
IIa <sup>+</sup>	29	42	24	28	10	12	4?	33	97
IIb <sup>+</sup>	2	1	1	2	1	1	3)		10
III <sup>+</sup>	28	34	26	31*	63	57	48)	29*	0*
	97	97	96	100	80	86	62?	100	124