

Ureumammonisering van koring-, hawer- en garsstrooi en hawerhooi. 2. Benutting deur skape

A.A. Brand, S.W.P. Cloete* en F. Franck

Elsenburg Landbousentrum, Privaatsak, Elsenburg 7607, Republiek van Suid-Afrika

J. Coetzee

Departement Skaap- en Wolkunde, Universiteit van Stellenbosch, Stellenbosch 7600, Republiek van Suid-Afrika

Ontvang 25 Februarie 1988; aanvaar 11 Mei 1988

Urea ammoniation of wheat, oat and barley straw and oat hay. 2. Utilization by sheep. Wheat, oat and barley straw, as well as oat hay were ammoniated, using 55 g urea and 400 g moisture kg^{-1} roughage for a treatment period of 8 weeks. Nutritional values of the treated roughages were subsequently determined in metabolic studies on sheep, involving a voluntary intake and digestibility trial, nitrogen balance, blood and rumen parameters, a rate of passage and an *in situ* crude protein (CP) degradability study. The voluntary intake of treated oat hay was higher ($P \leq 0,05$) than that of treated oat straw, and tended to be higher than that of treated wheat straw ($P = 0,06$) and barley straw ($P = 0,08$). Little variation regarding DM and OM digestibility existed between the diets. Cell wall and hemicellulose digestibility of treated oat hay was lower than that of the other roughages, possibly due to the substitution effect and/or the depression of cellulolytic activity in the rumen at the observed lower pH levels. The rate of passage of treated wheat, oat and barley straw was slower ($P \leq 0,05$) than that of treated oat hay by 46%, 26% and 25% respectively. The rate of passage of treated wheat straw was slower ($P \leq 0,05$) than that of barley and oat straw. The higher ($P \leq 0,01$) CP content and apparent digestibility of treated oat hay was also reflected in higher ($P \leq 0,05$) rumen ammonia and plasma urea levels compared to the other roughages. CP digestibility of treated wheat straw was substantially lower ($P \leq 0,01$) than that of oat or barley roughages, partially cancelling out the advantage of a higher apparent CP digestibility. This observation suggests that a lack of energy probably inhibited efficient protein synthesis, resulting in excess N being excreted in the urine. The N-balance obtained when feeding treated oat hay ($1,4 \text{ g N day}^{-1}$) was nevertheless higher ($P \leq 0,01$) than that of the negative N-balance values observed when treated wheat straw ($-1,3 \text{ g N day}^{-1}$) and oat straw ($-1,1 \text{ g N day}^{-1}$) were fed. CP-degradation studies suggested that the degradable CP content of treated wheat, oat and barley straw consisted almost entirely of water-soluble NPN compounds, highly susceptible to rumen degradation. The remaining CP was virtually undegradable in the rumen, and likely to be of very limited nutritional value.

Koring-, hawer- en garsstrooi, sowel as hawerhooi is met 55 g ureum en 400 g vog kg^{-1} ruvoer vir 'n periode van 8 weke geammoniseer. Die voedingswaarde van die behandelde ruvoere is vervolgens in metabolismestudies met skape ondersoek, insluitende 'n vrywillige inname- en verteerbaarheidstudie, stikstofbalans, bloed- en rumenparameters, 'n spoed van deurgang, en 'n *in situ* ruproteïen(RP)-degradeerbaarheidsstudie. Die vrywillige inname van behandelde hawerhooi was hoër ($P \leq 0,05$) as dié van behandelde hawerstrooi, en het geneig om hoër te wees as die inname van behandelde koringstrooi ($P = 0,06$) en garsstrooi ($P = 0,08$). Droë materiaal- en organiese materiaal-verteerbaarheid het relatief min tussen rantsone gevarieer. Selwand- en hemiselluloseverteerbaarheid van behandelde hawerhooi was laer as by die ander ruvoere, moontlik as gevolg van die substitusie-effek, en/of die onderdrukking van sellulotiese aktiwiteit in die rumen by die waargenome laer pH-peile. Die spoed van deurgang van behandelde koring-, hawer- en garsstrooi was onderskeidelik 46%, 26% en 25% stadiger ($P \leq 0,05$) as by behandelde hawerhooi. Behandelde koringstrooi het ook stadiger ($P \leq 0,05$) deur die spysverteringskanaal van die skape beweeg as behandelde hawer- en garsstrooi. Die hoër ($P \leq 0,01$) skynbaar verteerbare RP-inhoud van behandelde hawerstrooi is weerspieël in hoër ($P \leq 0,05$) rumen ammoniak- en plasma-ureumpeile as by die ander behandelde ruvoere. Behandelde koringstrooi het verder 'n heelwat laer ($P \leq 0,01$) skynbare RP-verteerbaarheid gehad as behandelde hawer- en garsstrooi. Die waargenome urine-stikstof(N)-uitskeiding op behandelde hawerhooi was hoër ($P \leq 0,01$) as by die ander behandelde ruvoere, met die gevolg dat die voordeel van 'n hoër skynbare RP-verteerbaarheid gedeeltelik uitgekanselleer is. Hierdie waarneming dui daarop dat 'n tekort aan energie moontlik steeds doeltreffende proteïensintese inhibeer, en dat die oortollige N in die urine uitgeskei word. Die N-balans op behandelde hawerhooi ($1,4 \text{ g N dag}^{-1}$) was nogtans hoër ($P \leq 0,01$) as die negatiewe balanse op behandelde koringstrooi ($-1,3 \text{ g N dag}^{-1}$) en hawerstrooi ($-1,1 \text{ g N dag}^{-1}$). RP-degradeerbaarheidsstudies het daarop gedui dat die totale RP-inhoud van behandelde koring-, hawer- en garsstrooi grotendeels wateroplosbare NPN-verbinding was, wat grootliks aan rumendegradasie onderhewig is. Die oorblywende RP was prakties ondegradeerbaar in die rumen en waarskynlik van beperkte voedingswaarde.

Keywords: *In vivo* digestibility, nitrogen balance, rate of passage protein degradation, urea ammoniation, voluntarily intake.

Gedeelte van M.Sc.-tesis aangebied by die Universiteit van Stellenbosch deur AAB.

* Aan wie korrespondensie gerig moet word

Inleiding

Verskeie navorsers het bewys dat die voedingswaarde van verskillende tipes graanstrooi betekenisvol verskil, alhoewel almal aan die familie *Graminaceae* behoort (Lufadeju, Blackett & Ørskov, 1985). Oor die algemeen blyk dit dat die voedingswaarde van hawer- en garsstrooi hoër is as dié van koringstrooi (Ibbotson, Mansbridge & Adamson, 1984). Volgens die resultate van Kernan,

Coxworth, Crowle & Spurr (1984) en Ørskov, Reid, Holland, Tait & Lee (1983) is die voedingswaarde van hawerstrooi vergelykbaar met dié van garsstrooi.

Volgens Hartley, Deschard, Keene & Mason (1984) en Lufadeju *et al.* (1985) word die verskil in voedingswaardes tussen die graantipes behou na chemiese behandeling alhoewel die verhoging in voedingswaarde groter is by die lae kwaliteit cultivars.

Die verskille in voedingswaarde mag dus groter wees voor behandeling as na behandeling. Hoewel ammonisering van hooi meestal toegepas word vir preserveringsdoeleindes, rapporteer Wylie (1981) en Grotheer, Gross, Grimes, Caldwell & Johnson (1985) ook 'n verhoging in voedingswaarde na ammonisering. Weens die hoër kwaliteit van hawerhooi in vergelyking met graanstrooi, kan verwag word dat die chemiese verbetering daarvan nie so groot sal wees nie, soos trouens bevind in 'n voorafgaande laboratoriumstudie (Brand, Cloete & Coetzee, 1989).

Die doel van hierdie ondersoek was om die voedingswaarde van ureumgeammoniseerde koring-, hawer- en garsstrooi sowel as ureumgeammoniseerde hawerhooi onderling te vergelyk. Die belangrikste verskille tussen voere is terselfdertyd in verband gebring met verskille in bloed- en rumenparameters, proteïendegradearbaarheid en deurvloeiempot.

Materiaal en Prosedure

Balansstudie, bloed- en rumenparameters

Veertig bale koring-, hawer- en garsstrooi en hawerhooi is volgens die miedmetode (Sundstøl, Coxworth & Mowat, 1978) met 55 g voergraad ureum kg^{-1} ruvoer en 400 g H_2O kg^{-1} ruvoer behandel, soos beskryf deur Cloete & Kritzing (1984). Die vier tipes ruvoere is afsonderlik behandel en vir 'n periode van agt weke lugdig verseël. Die ruvoere is hierna gedroog en met 'n hamermeul deur 'n 18mm-sif gemaal voordat dit aan die diere gevoer is. Alhoewel dit as wenslik beskou is, het beperkte fasiliteite dit onmoontlik gemaak om onbehandelde kontrolerantsoene in dieselfde ondersoek te evalueer.

Elkeen van die rantsoene is met vyf volwasse SA-Vleismerinohamels geëvalueer. Al hierdie diere het rumenale kanules, van 25 mm in deursnee, gehad. Die diere is op grond van hulle vasmassa geblok, en is binne blokke ewekansig toegeken aan die onderskeie rantsoene wat bestaan het uit geammoniseerde koring-, hawer- en garsstrooi en hawerhooi.

'n Inname- en verteringsstudie sowel as 'n stikstofbalansstudie is uitgevoer nadat die diere vir 14 dae op die onderskeie rantsoene aangepas is. Vrywillige inname is oor 10 dae bepaal, gevolg deur 'n aanpassingsperiode van 4 dae en 'n kolleksieperiode van 10 dae waartydens die proefdiere teen $45 \text{ g kg}^{-1} \text{ W}^{0.75} \text{ dag}^{-1}$ gevoer is.

Verteenwoordigende mis- en voermonsters van elke individuele dier is daaglik geneem vir latere bepaling van DM-, OM- en RP-inhoud (AOAC, 1970) sowel as van selwand (SW)-, suurbestande vesel (SBV)- en hemisellulose (HS)-inhoud (Van Soest, 1963; Van Soest & Wine, 1967). Verteringskoëffisiënte van die DM, OM, RP, SW, SBV en hemisellulose sowel as die N-balans is bereken. Rumenvloeistofmonsters is aan die einde van die kolleksieperiode 2-, 4- en 8 h na voeding getrek vir die bepaling van die rumenammoniakkonsentrasies (rumen- $[\text{NH}_3]$), rumen-pH en vlugtige vetsuur konsentrasies.

Vir die bepaling van die ureum- en ammoniak (NH_3) van die voermonsters is 'n 5g-monster geëkstraheer in

100 ml van 'n 2M-KCl-oplossing (bevattende 50 mg fenielmerkurie-asetaat 10 l^{-1} oplossing) vir 15–20 min. Die monster is vervolgens gefiltreer en die filtraat is met 'n oormaat houtskool ontkleur. Ureum en NH_3 is daarna met behulp van 'n outoanaliseerder bepaal volgens die metodes beskryf deur 'Technicon Industrial Systems' (1977a; 1977b).

Die pH van die rumenmonsters is onmiddellik na die trekking met 'n pH-meter (Radiometer) gemeet en die monster is daarna deur 'n 0,5mm-sif gegooi om die grofste materiaal te verwyder. Die gefiltreerde monster is hierna vir 20 min teen 3000 o.p.m. uitgeswaai. By die monster (gebruik vir die bepaling van die rumen- $[\text{NH}_3]$) is 10 ml 1N- H_2SO_4 by 50 ml van die bovloeistof gevoeg en gevries voor ontleding. Rumen- $[\text{NH}_3]$ is met behulp van 'n outoanaliseerder bepaal volgens die prosedure wat uiteengesit is in die 'Industrial Method' No. 334-74 W/B (Technicon Industrial Systems, 1977a).

Vir die bepaling van vlugtige vetsure is 1 ml van 'n 10% NaOH-oplossing gevoeg by 9 ml van die bovloeistof om fermentasie te voorkom, en gevries voor ontleding. Vyf vlugtige vetsure nl. asynsuur, propionsuur, isobottersuur, normaal-bottersuur en iso-valeriaansuur is bepaal volgens die prosedure beskryf deur Cottyn & Boucque (1968).

Bloedmonsters is 8 h na voeding aan die begin en einde van die kolleksieperiode getrek. Die plasma is onmiddellik na trekking uitgeswaai vir 20 min teen 3000 o.p.m. Plasma-ureum is met 'n 'Merckotest kit' (Kat. No. 14335) spektrofotometries bepaal.

Spoed van deurgang

Dieselfde proefdiere wat gebruik is in die inname- en verteringsstudie is aan die einde van die studie gebruik vir die bepaling van spoed van deurgang met behulp van ^{51}Cr gemerkte chroommordant ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_3$). *Ad lib* voeding

is toegepas. 'n Voermonster is met natriumdichromaat behandel soos beskryf deur Uden, Collucci & Van Soest (1980) en Pienaar (1985, persoonlike mededeling, J.P. Pienaar, NIVS, Privaatsak X2, Irene 1675), waar 0,1 tot 0,2 mCi ^{51}Cr per skaap toegedien is. Die gemerkte voermonster is deur die rumenkanule (25 mm in deursnee) direk in die rumen geplaas en met die rumeninhoud vermeng. Vanaf toediening van die gemerkte voer is die totale misuitskeiding agt-uurliks vir 10 dae versamel. Die mis vir elke periode is na versameling gedroog vir die bepaling van totale droë misuitskeiding oor die periode. 'n Verteenwoordigende mismonster is geneem vir bepaling van die radio-aktiwiteit met 'n gammateller. Die gemiddelde retensietyd van die gemerkte partikels is bepaal volgens die metode beskryf deur Graham & Williams (1962) en Pienaar & Roux (1984) vanaf die totale misuitskeidingskurwe.

In situ proteïendegradearbaarheid

Twaalf rumengefistuleerde SA-Vleismerinohamels toegerus met 85mm-deursnee rumenkanules, is gebruik. Gemaalde lusernhooi is as basale rantsoen teen $45 \text{ g kg}^{-1} \text{ W}^{0.75} \text{ dag}^{-1}$ gevoer. Die proteïendegradering van die

ureumgeammoniseerde koring-, hawer- en garsstrooi en hawerhooi in die rumen is deur middel van die *in situ* verteringstegniek, soos beskryf deur Ørskov, Hovell & Mould (1980), bepaal. Poliëstersakkies met 'n grootte van 16×9 cm en poriegrootte van $53 \mu\text{m}$ is gebruik. Agt sakkies bevattende 2 g-monster elk, is per keer in die rumen van elke dier geplaas en na periodes van 2-, 4-, 8-, 12-, 24-, 36-, 48- en 72 h onttrek. Die ruvoere is vooraf deur 'n 1 mm-sif gemaal. Ten einde te korrigeer vir die oplosbare gedeelte van die monster is addisionele monsters van elke voer voorberei wat slegs in water deurweek, gewas en gedroog is.

Statistiese ontleding

Die resultate, uitgesluit die *in situ* resultate wat volgens die model van Ørskov & McDonald (1979) bepaal is, is volgens standaardmetodes vir 'n bloklose ontwerp ontlee (Van Ark, 1981). Verskille tussen voere is met paarsgewyse *t*-toets-prosedures vir betekenisvolheid getoets.

Resultate en Bespreking

Chemiese samestelling

Chemiese samestelling van die onbehandelde kontroles en behandelde ruvoere word in Tabel 1 uiteengesit. Ammonisering het die RP-inhoud van die koring-, hawer- en garsstrooi en hawerhooi met onderskeidelik 5,5, 3,9, 4,0 en 4,4 persentasie-eenhede verhoog. Die omvang van die verhoging is ooreenstemmend met die resultate verkry deur ander navorsers met ammonisering van graanstrooi. Vanuit Tabel 1 blyk dit dat die NH_3 -inhoud van die koring- en hawerstrooi laer was as die NH_3 -inhoud van die garsstrooi en hawerhooi. Die N afkomstig van NH_3 uitgedruk as persentasie van die totale N, is onderskeidelik 14,3, 21,6, 21,0 en 19,4% by die koring-, hawer- en garsstrooi en hawerhooi. Solaiman, Horn & Owens (1979) het bevind dat 43% van die totale N afkomstig vanaf NH_3 -behandeling in die vorm van $\text{NH}_3\text{-N}$ is.

Volgens Tabel 1 was die SW-, SBV- en hemisellulose-inhoud van die hawerhooi aansienlik laer as by die graanstrooie. Die SW- en hemisellulose-inhoud van die ruvoere is verlaag deur ammonisering.

Vrywillige inname

Die vrywillige inname van die proefdiere, bereken op grond van inname per skaap per dag en inname per kg metaboliese massa, ($\text{g kg}^{-1} \text{W}^{0,75} \text{dag}^{-1}$) is uiteengesit in Tabel 2. Die verskil in inname op die drie graanstrooie was klein en nie-betekenisvol. Betekenisvol laer innames is waargeneem by diere op geammoniseerde hawerstrooi ($P \leq 0,05$) in vergelyking met hawerhooi. Die innames van geammoniseerde koringstrooi ($P = 0,06$) en garsstrooi ($P = 0,08$) het ooreenstemmend geneig om laer te wees as by geammoniseerde hawerhooi.

Die vrywillige inname van geammoniseerde koring-, hawer- en garsstrooi sowel as hawerhooi, uitgedruk as persentasie van die liggaamsmassa van die diere was onderskeidelik 1,6, 1,6, 1,7 en 2,0%.

Skynbare verteerbaarhede

Volgens resultate in Tabel 2 het die DM- en OM-verteerbaarheid van die geammoniseerde koring-, hawer- en garsstrooi en hawerhooi nie betekenisvol van mekaar verskil nie. Die skynbare DM- en OM-verteerbaarheid van die garsstrooi het hoër geneig as dié van die koring- en hawerstrooi. Die verskil in DM- en OM-verteerbaarheid tussen die geammoniseerde strooie en hawerhooi is opvallend klein. Hierdie resultate toon dat die verhoging teweeggebring deur ammonisering groter is by onbehandelde ruvoere met 'n laer verteerbaarheid as by hoër kwaliteit ruvoere. Dit is egter belangrik om daarop te let dat die berekende verteerbare DM-inname ($\text{g VDM}^{-1} \text{W}^{0,75} \text{dag}^{-1}$) van die diere op die geammoniseerde hawerhooi onderskeidelik 32,1, 32,5 en 23,1% hoër ($P \leq 0,05$) was as op die geammoniseerde gars-, koring- en hawerstrooi.

Tabel 1 Chemiese samestelling van die onbehandelde- en geammoniseerde koring-, hawer- en garsstrooi en hawerhooi (uitgedruk op DM-basis, uitgesluit DM)

Komponent	Tipe ruvoer							
	Koringstrooi		Hawerstrooi		Garsstrooi		Hawerhooi	
	Onbehandeld	Geammoniseerd	Onbehandeld	Geammoniseerd	Onbehandeld	Geammoniseerd	Onbehandeld	Geammoniseerd
DM	92,85	92,18	91,66	92,74	92,54	92,53	90,61	91,54
AS	3,68	4,62	4,42	4,42	3,80	3,64	5,04	6,17
RP	2,12	7,58	3,32	7,24	3,13	7,17	6,81	11,25
SW	81,52	79,20	83,29	82,86	81,80	80,30	68,67	64,67
SBV	52,67	54,66	53,86	55,47	57,02	57,88	39,66	41,12
HS	26,93	26,53	28,40	27,82	28,81	26,81	27,55	25,01
Ureum	–	0,043	–	0,30	–	0,37	–	0,20
NH_3	–	0,22	–	0,32	–	0,40	–	0,45
IVOMV	38,5	–	43,5	–	44,6	–	53,6	–

Tabel 2 Vrywillige droëmateriaal-inname (DMi) uitgedruk in terme van g skaap⁻¹ dag⁻¹ en g kg⁻¹ W^{0,75} dag⁻¹ en skynbare verteerbaarhede van die geammoniseerde koring-, hawer en garsstrooi en hawerhooi

Komponent	Tipe strooi			
	Koringstrooi	Hawerstrooi	Garsstrooi	Hawerhooi
Vrywillige inname:				
DMi *	1231 ^{a,b}	1218 ^a	1272 ^{a,b}	1533 ^b
DMi **	46,8 ^{a,b}	46,2 ^a	49,1 ^{a,b}	59,1 ^b
Skynbare verteerbaarhede (%)				
DM	55,3	55,7	57,4	58,6
OM	56,8	56,9	59,1	60,0
RP	27,9 ¹	40,4 ²	49,7 ³	60,5 ⁴
SW	69,4 ^{a,1}	66,3 ^{a,1,2}	66,6 ^{a,1,2}	49,7 ^{b,2}
SBV	52,4 ^{a,1,2}	58,2 ^{b,1}	60,3 ^{b,1}	49,7 ^{a,2}
HS	82,6 ¹	82,2 ¹	79,3 ^{1,2}	75,6 ²

^{a,b,c} Gemiddeldes in dieselfde reël met verskillende boskifte verskil betekenisvol ($P \leq 0,05$).

^{1,2,3,4} Gemiddeldes in dieselfde reël met verskillende boskifte verskil hoogs betekenisvol ($P \leq 0,01$).

* g skaap⁻¹ dag⁻¹.

** g kg⁻¹ W^{0,75} dag⁻¹.

Vanuit Tabel 2 is dit duidelik dat die skynbare RP-verteerbaarheid van al drie tipes ruvoere hoogs betekenisvol ($P \leq 0,01$) van mekaar verskil het. Die hoër persentasie onafgebreekte ureum en hoër NH₃-inhoud van die gars- en hawerstrooi het waarskynlik ook 'n bydrae gelewer tot die hoër skynbare RP-verteerbaarheid by dié ruvoere in vergelyking met koringstrooi (Tabel 1). Die skynbare RP-verteerbaarheid van die gars- en hawerstrooi is in ooreenstemming met die waardes verkry deur Horton & Steacy (1979) by drie variëteite hawer- en garsstrooi wat met 3,5% anhidriese ammoniak behandel is. Die skynbare RP-verteerbaarheid van die ammoniakbehandelde koringstrooi was egter laer as die skynbare RP-verteerbaarheid van 42,0 en 49,9% wat onderskeidelik deur Dias-Da-Silva & Sundstøl (1986) en Cloete & Kritzinger (1984) gerapporteer is. Die hoër skynbare RP-verteerbaarheid van die behandelde hawerhooi kan aan die hoër persentasie natuurlike proteïene in die graangedeelte van hawerhooi en hoër energie-inhoud toegeskryf word. Die skynbare RP-verteerbaarheid van hawerhooi is ooreenstemmend met resultate van Wylie (1981) ten opsigte van garshooi wat met 2% NH₃ behandel is.

Die SW-verteerbaarheid (Tabel 2) van die hawerhooi was hoogs betekenisvol ($P \leq 0,01$) laer as die SW-verteerbaarheid van die hawerstrooi en garsstrooi. Die verskille in SW- en hemisellulose-verteerbaarheid tussen die tipes graanstrooi was klein en nie betekenisvol. Die verteerbaarheidsresultate is ooreenstemmend met die resultate gerapporteer in die literatuur vir geammoniseerde koringstrooi (Cloete & Kritzinger 1984; Birkelo, Johnson & Ward, 1986) en garsstrooi

Tabel 3 N-inname, N-uitskeiding en N-balans van die skape op geammoniseerde koring-, hawer en garsstrooi en hawerhooi

Komponent	Tipe ruvoer			
	Koringstrooi	Hawerstrooi	Garsstrooi	Hawerhooi
N-ingeneem:				
(g skaap ⁻¹ dag ⁻¹)	7,5 ^{a,1}	10,5 ^{b,2}	10,3 ^{b,1,2}	16,3 ^{c,3}
N-uitgeskei:				
(g skaap ⁻¹ dag ⁻¹)				
N-mis	5,4	6,3	5,2	6,6
N-urine	3,4 ^{a,1}	5,3 ^{b,1}	4,7 ^{a,b,1}	8,6 ^{c,2}
N-balans:				
(g skaap ⁻¹ dag ⁻¹)	-1,3 ^{a,1}	-1,1 ^{a,1}	0,4 ^{b,1,2}	1,4 ^{b,2}

^{a,b,c} Gemiddeldes in dieselfde reël met verskillende boskifte verskil betekenisvol ($P \leq 0,05$).

^{1,2} Gemiddeldes in dieselfde reël met verskillende boskifte verskil hoogs betekenisvol ($P \leq 0,01$).

(Hadjipanayiotou, 1982; Jayasuriya & Pearce, 1983). Die SW-verteerbaarheid van die geammoniseerde hawerhooi is egter laer as die waardes gerapporteer deur Buettner, Lechtenberg, Hendrix & Hertel, (1982) vir Fescue-hooi en Grotheer *et al.* (1985) vir Bermuda-grashooi.

Swakker benutting van die SW van geammoniseerde hawerhooi in vergelyking met die graanstrooie kan moontlik aan die verskil in maklik verteerbare stysel tussen die strooi en hooi toegeskryf word. Dit is bekend dat die veselverteerbaarheid van ruvoere verlaag word weens die substitusie-effek wat verkry word wanneer kragvoer saam met die ruvoer gevoer word (Streeter & Horn, 1982; Mira, Kay & Hunter, 1983).

N-balans

Die N-inname van die proefdiere op geammoniseerde hawerhooi was hoogs betekenisvol ($P \leq 0,01$) hoër as die N-inname van die diere op die geammoniseerde graanstrooie (Tabel 3). Die N-uitskeiding in die mis van die diere op die verskillende tipes ruvoer het gevarieer tussen 5,2 en 6,6 g skaap⁻¹ dag⁻¹ en geen betekenisvolle verskille het voorgekom nie. Die hoeveelheid N uitgeskei in die urine van die diere op die geammoniseerde hawerhooi was hoogs betekenisvol ($P \leq 0,01$) hoër as die N-uitskeiding van die diere op die geammoniseerde koring-, hawer- en garsstrooi. Die urine N-uitskeiding van die diere op die geammoniseerde koringstrooi was betekenisvol laer as die urine-N-uitskeiding op die geammoniseerde hawerstrooi ($P \leq 0,05$) en garsstrooi ($P = 0,06$).

Die hoër rumen-[NH₃] (sien Rumenparameters) en hoër peil van N-uitskeiding in die urine by die diere op die hawerhooi kan moontlik toegeskryf word aan die deaminering van die natuurlike proteïene in die hawerpitte in die rumen of moontlik 'n ongewenste aminosuursamestelling. Die hoë skynbare RP-verteerbaarheid en die hoë N-verlies in die urine van die

geammoniseerde hawerhooi dui moontlik op 'n tekort aan energie benodig vir die optimale benutting van die beskikbare stikstof by die ruvoer.

N-balans van die diere op die geammoniseerde koring- en hawerstrooi was onderskeidelik 2,7 en 2,5 g dag⁻¹ laer ($P \leq 0,01$) as by die diere op die geammoniseerde hawerhooi. 'n Klein negatiewe tot positiewe balans by diere op geammoniseerde koringstrooi (Dolberg, Saadullah, Haque & Ahmed, 1981; Streeter & Horn, 1982) en garsstrooi (Dryden & Kempton, 1983/84) is ooreenstemmend in die literatuur gerapporteer. N-balans van die diere op die geammoniseerde hawerhooi is ooreenstemmend met die N-balans resultate gerapporteer deur Grotheer, Gross & Grimes, (1985) vir diere op geammoniseerde Bermuda-grashooi.

Rumenparameters

Gemiddelde rumen-[NH₃] van die diere op die hawerhooi was deurgaans twee tot drie maal hoër ($P \leq 0,01$) as by dié op koring-, hawer- en garsstrooi (Tabel 4). Die vinnige daling van die rumen-[NH₃] en lae rumen-NH₃-peile na 8 h by die geammoniseerde strooi bevestig dat 'n gedeelte van die N afkomstig vanaf die ammonisering in 'n NPN-vorm is, wat vinnig in die rumen omgesit word na ammoniak. Die gemiddelde rumen-[NH₃] van die diere op die geammoniseerde strooi is aansienlik laer as die konsentrasie van 23,5 mg/100 g aangegee deur Mehrez, Ørskov & McDonald (1977) vir maksimale proteïensintese by skape. Streeter & Horn (1982) is ook van mening dat die vinnige daling van die rumen-[NH₃] by skape op geammoniseerde ruvoere toegeskryf word aan die groot persentasie N wat in die vorm van vry-ammoniak voorkom en vinnig in die rumen vrygestel word.

Tabel 4 Rumen-ammoniak konsentrasie (mg 100 ml⁻¹) en rumen-pH 2, 4, en 8 h na voeding van die skape op die geammoniseerde koring-, hawer- en garsstrooi en hawerhooi

Komponent	Tyd na voeding			Gemiddeld
	2 h	4 h	8 h	
Rumen-[NH ₃] (mg 100 ml ⁻¹)				
Koringstrooi	8,25 ¹	5,21 ¹	2,96 ¹	5,47 ¹
Hawerstrooi	12,93 ^{a,1,2}	7,36 ^{a,b,1}	4,97 ^{b,1}	8,42 ^{1,2}
Garsstrooi	15,29 ^{a,2}	9,47 ^{b,1,2}	5,4 ^b	10,12 ²
Hawerhooi	30,38 ^{a,3}	15,14 ^{b,2}	17,72 ^{b,2}	21,08 ³
Rumen-pH				
Koringstrooi	6,60 ¹	6,50 ²	6,55 ¹	6,55 ¹
Hawerstrooi	6,64 ¹	6,68 ¹	6,60 ¹	6,64 ¹
Garsstrooi	6,66 ¹	6,62 ^{1,2}	6,60 ¹	6,63 ¹
Hawerhooi	6,42 ^{a,2}	6,35 ^{a,b,3}	6,20 ^{b,2}	6,32 ²

^{1,2,3} Gemiddeldes in dieselfde kolom met verskillende boskrifte verskil betekenisvol ($P \leq 0,01$).

^{a,b} Gemiddeldes in dieselfde ry met verskillende boskrifte verskil hoogs betekenisvol ($P \leq 0,01$).

Rumen-pH's van die proefdiere op die geammoniseerde koring, hawer- en garsstrooi was naastebly dieselfde, en daar was 'n klein variasie tussen die tye van meting (Tabel 4). Die gemiddelde rumen-pH van die diere op geammoniseerde hawerhooi was betekenisvol ($P \leq 0,01$) laer as die rumen-pH van die diere op die geammoniseerde graanstrooi. Die laer rumen-pH van die diere op hawerhooi kan hoofsaaklik toegeskryf word aan hoër persentasie stysel afkomstig vanaf die hawerpitte. Die swakker veselverteerbaarheid verkry by die hawerhooi (Tabel 2) kan ook moontlik met die laer rumen-pH verband hou. Dit is bekend dat die sellulolitiese aktiwiteite in die rumen, wat gemoeid is met veselvertering, tot 'n mate onderdruk word met verlaging van die pH (Fick, Ammerman, McGowan, Loggins & Cornell, 1973). Volgens Ørskov (1982) is die sellulolitiese bakterieë baie sensitief vir rumen-pH en word hulle groei sterk onderdruk by 'n pH laer as 6,2.

Totale VVS-konsentrasie van die diere op die geammoniseerde koring-, hawer- en garsstrooi en hawerhooi het volgens Tabel 5 nie betekenisvol van mekaar verskil nie. Wat die afsonderlike vetsure betref, is gevind dat die propionsuurkonsentrasie van die diere op hawerhooi betekenisvol ($P \leq 0,05$) laer was as die van die diere op hawerstrooi. Die n-bottersuurkonsentrasie en i-valeriaansuurkonsentrasie van die diere op hawerhooi was egter betekenisvol ($P \leq 0,01$) hoër as by die diere op graanstrooi. Dit blyk ook vanuit Tabel 5 dat die propionsuur-, i-bottersuur-, n-bottersuur- en i-valeriaansuurkonsentrasie van die diere op geammoniseerde koringstrooi laer geneig het as by die hawer- en garsstrooi. Slegs die verskille in i-valeriaansuurkonsentrasie was betekenisvol ($P \leq 0,05$). Die produksie van VVS in die rumen is volgens Church (1979) 'n aanduiding van die mikrobeaktiwiteite, absorpsie en uitvloei vanuit die rumen.

Plasma-ureuminhoud van diere op geammoniseerde hawerhooi was ooreenstemmend hoër ($P \leq 0,05$) as by die diere op geammoniseerde graanstrooi (Tabel 5). Volgens Mehrez *et al.* (1977) beweeg daar by 'n lae rumen-[NH₃] meer ureum vanaf die bloed na die rumen en word die oordrag van ureum by die hoë rumen-[NH₃] geïnhibeer. Die verkreë resultate ten opsigte van die plasma-ureum en rumen-[NH₃] in die onderhawige studie stem grootliks ooreen met hierdie siening.

Spoed van deurgang

Tabel 5 toon die gemiddelde spoed van deurgang van die geammoniseerde ruvoere. Die uitskeidingspatroon van die gemerkte ⁵¹Cr word ooreenstemmend in Figuur 1 weergegee. Volgens die uitskeidingspatroon van ⁵¹Cr in Figuur 1 en die gemiddeldes in Tabel 5 was die spoed van deurgang van die hawerhooi die vinnigste ($P \leq 0,05$). By die graanstrooie het die koringstrooi stadiger as gars- en hawerhooi deurbeweeg ($P \leq 0,05$). Die vinniger deurbeweging van die hawerhooi in vergelyking met die graanstrooi het hoofsaaklik bygedra tot die hoër inname van die hawerhooi (Tabel 2). Die inname van laegraadse ruvoere word volgens Baumgardt, Krabill, Groble & Wangeness (1976) deur fisiese faktore soos lywigheid

Tabel 5 Totale vlugtige-vetsuur(VVS)-konsentrasie, VVS-samestelling, spoed van deurgang en plasma-ureum van geammoniseerde koring-, hawer- en garsstrooi en hawerhooi

Komponent	Tipe ruvoer			
	Koringstrooi	Hawerstrooi	Garsstrooi	Hawerhooi
VVS (mmol 100 ml ⁻¹)				
Asynsuur	7,96	7,65	7,22	7,74
Propionsuur	1,82 ^{a,b}	2,12 ^a	1,87 ^{a,b}	1,75 ^b
i-Bottersuur	0,04	0,15	0,09	0,07
n-Bottersuur	0,44 ^{a,1}	0,53 ^{a,b,1}	0,61 ^{b,1}	0,91 ^{c,2}
i-Valeriaansuur	0,007 ^{a,1}	0,014 ^{b,1}	0,014 ^{b,1}	0,022 ^{c,2}
Totale VVS	10,26	10,46	9,81	10,49
Plasma-ureum (mg dl ⁻¹)	20,6 ^a	23,5 ^a	25,2 ^a	35,1 ^b
Spoed van deurgang (ure)	75,31 ^a	64,56 ^b	64,10 ^b	51,37 ^c

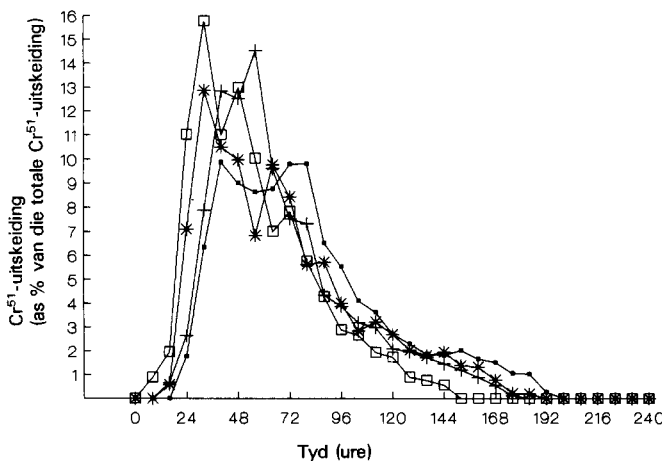
^{a,b,c} Gemiddeldes in dieselfde reël met verskillende boskrite verskil betekenisvol (P ≤ 0,05).

^{1,2,3} Gemiddeldes in dieselfde reël met verskillende boskrite verskil hoogs betekenisvol (P ≤ 0,01).

beperk, terwyl inname van kragvoere fisiologies beheer word. Volgens Tabel 1 was die SW-inhoud en gevolglike lywigheid van die geammoniseerde hawerhooi aansienlik minder as by die geammoniseerde graanstrooi.

In situ proteïendegradering

Die effektiewe degradeerbaarheid (P) van die RP word in Tabel 6 uiteengesit. Die P-waardes is bereken deur die gemiddelde uitvloeiempo (k) gelyk te stel aan 0,04 tot 0,1 h. Die berekende konstantes a, b en c word aangedui in Tabel 7. In ooreenstemming met resultate van Dryden & Kempton (1983/84) en Solaiman *et al.* (1979) blyk dit dat die grootste persentasie van die bygevoegde N van geammoniseerde ruvoere wateroplosbaar is. Die hoër



Figuur 1 Persentasie gemerkte Cr⁵¹-uitskeiding van skape op NH₃-behandelde koringstrooi (■—■), hawerstrooi (+—+) en garsstrooi (★—★) asook hawerhooi (□—□).

Tabel 6 Effektiewe N-degradering (P) van geammoniseerde koring-, hawer- en garsstrooi en hawerhooi bereken vir uitvloeiempo's vanuit die rumen (k-waardes) van 0,04 — 0,10 h⁻¹

Tipe ruvoer	k-waardes						
	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10
Koringstrooi	60,89	60,89	60,89	60,89	60,89	60,89	60,89
Hawerstrooi	62,96	62,20	61,67	61,27	60,97	60,72	60,53
Garsstrooi	70,79	70,72	70,67	70,63	70,61	70,59	70,57
Hawerhooi	76,69	75,07	73,75	72,67	71,76	70,99	70,33

persentasie wateroplosbare N (a-waarde) van die garsstrooi kan hoofsaaklik aan die hoër ureum- en NH₃-inhoud van die strooi toegeskryf word. Die lae degradeerbaarheid van nie-wateroplosbare N by die graanstrooie is ooreenstemmend met Dryden & Kempton (1983/84) se bevinding dat dié fraksie grootliks onbenutbaar is. Vanuit Tabel 6 is dit duidelik dat die RP-degradering van slegs hawerhooi noemenswaardig beïnvloed word deur die uitvloeiempo (k-waarde) vanuit die rumen. Hierdie resultaat kan moontlik toegeskryf word aan die hoër persentasie ware proteïene by hawerhooi in vergelyking met die ander ruvoer. 'n Bewys hiervoor is dat die rumen-[NH₃] van die skape op geammoniseerde hawerhooi oor 'n langer periode op 'n hoër vlak gehandhaaf is as by die ander ruvoere.

Gevolgtrekking

Dit blyk vanuit die studie dat lae innames die belangrikste beperking in die gebruik van geammoniseerde ruvoere by skape is. Droëmateriaalinname van die diere op geammoniseerde graanstrooie en hawerhooi was onderskeidelik 1,6% en 2,0% van liggaamsmassa. Met inagneming van die droëmateriaal- en organiese materiaalverteerbaarheid van die onderskeie ruvoere, is dit duidelik dat die verteerbare energie-inname van geammoniseerde ruvoere, soos trouens al voorheen gemeld (Brand, Cloete & Coetzee, 1989b), slegs vir onderhoud voldoende is, en nie vir produksiefunksies soos groei, dragtigheid en laktasie nie. Die algemene neiging dat die N-balans van skape op geammoniseerde ruvoere rondom nul varieer (Brand *et al.*, 1989b), dui

Tabel 7 Waardes van die konstantes gebruik vir die berekening van N-degradering, gekorrigeer vir spoed van deurgang

Tipe ruvoer	Konstantes		
	a	b	c
Koringstrooi	60,89 ± 0,2	22,56 ± 2,7	0,000001
Hawerstrooi	58,60 ± 0,3	27,29 ± 1,1	0,0076
Garsstrooi	70,42 ± 2,3	15,24 ± 1,1	0,0010
Hawerhooi	61,47 ± 2,1	29,26 ± 2,0	0,0434

verder op gebrekkige vlakke van N-neerlegging. Volgens die proteïendegradearbaarheidsstudie bestaan die totale ruproteïene hoofsaaklik uit maklik degradeerbare nie-proteïene-stikstof (NPN) en uit totale onbenutbare N-bevattende verbindings. Selfs by die geammoniseerde hawerhooi dui die relatief hoë vlakke van N-uitskeiding in die urine op ondoeltreffende N-benutting, moontlik as gevolg van 'n gebrek aan energie.

Teen hierdie agtergrond het verdere navorsing oor strategieë vir die aanvulling van geammoniseerde ruvoere met energie en rumen nie-degradeerbare proteïene noodsaaklik geword ten einde beter benutting van sulke voere vir produksiefunksies te bewerkstellig.

Dankbetuiging

Die outeurs spreek hulle opregte dank uit teenoor die laboratoriumpersoneel van die Dierreproduksielaboratorium vir die voorbereiding van monsters en ontledings uitgevoer. Dank word ook betuig aan mnr. J.P. Pienaar vir sy advies en die laboratoriumpersoneel van NIVS betrokke by die VVS-ontleding van rumensapmonsters.

Summary

Wheat, oat and barley straw as well as oat hay were ammoniated, using 55 g urea and 400 g moisture kg^{-1} roughage for a treatment period of 8 weeks. Nutritional values of the treated roughages were subsequently determined in metabolic studies on sheep, involving a voluntary intake and digestibility trial, nitrogen balance, blood and rumen parameters, a rate of passage and an *in situ* crude protein (CP) degradability study. The voluntary intake on treated oat hay was 26,8% higher ($P \leq 0,05$) than that of treated oat straw, and tended to be higher than that of treated wheat straw (26,3%) and barley straw (20,4%). The OM digestibility of the roughages varied between 56,8% and 60%. Cell wall and hemicellulose digestibility on treated oat hay was lower than that of the other roughages, possibly due to the substitution effect and/or the depression of cellulolytic activity in the rumen at the observed lower pH levels. The rate of passage of treated wheat, oat and barley straw was slower than that of treated oat hay by 46%, 26% and 25% respectively ($P \leq 0,05$). Treated wheat straw also passed slower ($P \leq 0,05$) through the alimentary tract than oat and barley straw. The higher ($P \leq 0,05$) CP content and digestibility of treated oat hay was also reflected in higher ($P \leq 0,05$) rumen ammonia and plasma urea levels compared to the other roughages. Furthermore, CP digestibility of treated wheat straw was substantially lower ($P \leq 0,01$) than that of oat and barley straw. The N-balance obtained when feeding treated oat hay ($1,4 \text{ g N day}^{-1}$) was nevertheless higher ($P \leq 0,01$) than that of the negative balance values observed when treated wheat straw ($-1,3 \text{ g N day}^{-1}$) and oat straw ($-1,1 \text{ g N day}^{-1}$) were fed. CP-degradation studies suggested that the degradable CP content of treated wheat, oat and barley straw and oat hay consisted almost entirely of water-soluble NPN compounds, highly susceptible to rumen degradation. The remaining CP

were virtually undegradable in the rumen, and likely to be of very limited nutritional value.

Seen against this background, further research on strategies for supplementing ammoniated roughages with energy and rumen non-degradable protein has become necessary in order to improve the utilization of such feeds for production purposes.

Verwysings

- AOAC, 1970. Official methods of analysis (11th edn.). Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.
- BRAND, A.A., CLOETE, S.W.P. & COETZEE, J., 1989a. Ureumammonisering van koring-, hawer- en garsstrooi en hawerhooi. 1. Laboratoriumondersoek na die invloed van vogpeil, ureumpeil en behandelingsperiode op die chemiese samestelling en *in vitro*-verteerbaarheid. *S.-Afr. Tydskr. Veek.* 19, 4–10.
- BRAND, A.A., CLOETE, S.W.P. & COETZEE, J., 1989b. Invloed van langdurige behandeling van koringstrooi met ureum of 'n ureum / bytsoda-kombinasie tydens die baalproses op die voedingswaarde daarvan vir skape. *S.-Afr. Tydskr. Veek.* 19, 19–25.
- BAUMGARDT, B.R., KRABILL, L.F., GROBLE, G. & WANGENESS, J., 1976. Estimation feed intake for cattle, sheep and swine, 1st Int. symposium feed composition, animal nutrient requirements and computerization of diets. Eds. Fonnesebeck *et al.*, Logan Utah 84322, USA.
- BIRKELO, C.P., JOHNSON, P.E. & WARD, G.M., 1986. Net energy value of ammoniated wheat straw. *J. Anim. Sci.* 6, 244.
- BUETTNER, M.R., LECHTENBERG, V.L., HENDRIX, K.S. & HERTEL, J.M., 1982. Composition and digestion of ammoniated tall fescue (*Festuca Arundinacea* Schreb) hay. *J. Anim. Sci.* 54, 173.
- CHURCH, D.C., 1979. Digestive physiology and nutrition of ruminants, Vol.2. Ed. Church, D.C., O & B Books, Inc. USA.
- CLOETE, S.W.P. & KRITZINGER, N.M., 1984. Urea ammoniation compared to urea supplementation as a method of improving the nutritive value of wheat straw for sheep. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 14, 59.
- COTTYN, B.G. & BOUCQUE, C.V., 1968. Rapid method for the gaschromatographic determination of volatile fatty acids in rumen fluid. *J. Agric. Food Chem.* 16, 105.
- DIAS-DA-SILVA, A.A. & SUNDSTØL, F., 1986. Urea as a source of ammonia for improving the nutritive value of wheat straw. *Anim. Fd Sci. Technol.* 14, 67.
- DOLBERG, F., SAADULLAH, M., HAQUE, M. & AHMED, R., 1981. Storage of urea-treated straw using indigenous material. *Wld. Anim. Rev.* 38, 37.
- DRYDEN, G. McL. & KEMPTON, T.J., 1983/84. Digestion of organic matter and nitrogen in ammoniated barley straw. *Anim. Fd Sci. Technol.* 10, 65.
- FICK, K.R., AMMERMAN, C.B., MCGOWAN, C.H., LOGGINS, P.E. & CORNELL, J.A., 1973. Influence of supplemental energy and biuret nitrogen on the utilization of low quality roughage by sheep. *J. Anim. Sci.* 36, 137.
- GRAHAM, N. McC. & WILLIAMS, A.J., 1962. The effect

- of pregnancy on the passage of food through the digestive tract of sheep. *Aust. J. Agric. Res.* 13, 894.
- GROTHER, M.D., GROSS, D.L. & GRIMES, L.W., 1985. Effect of ammonia level and time of exposure to ammonia on nutritional and preservatory characteristics of dry and high-moisture Coastal Bermuda grass hay. *Anim. Fd. Sci. Technol.* 14, 55.
- GROTHER, M.D., GROSS, D.L., GRIMES, L.W., CALDWELL, W.J. & JOHNSON, F., 1985. Effect of moisture level and injection of ammonia on nutrient quality and preservation of Coastal Bermuda grass hay. *J. Anim. Sci.* 61, 1370.
- HADJIPANAYIOTOU, M., 1982. The effect of ammoniation using urea on the intake and nutritive value of chopped barley straw. *Grass. Forage Sci.* 37, 89.
- HARTLEY, R.D., DESCHARD, G., KEENE, A.S. & MASON, V.S., 1984. Changes in the chemical constitution of cereal straw and poor quality hay during upgrading. Improvement in the nutritive value of crops and by-products by chemical or biological treatments. Proceedings of a second seminar on the 'Upgrading of Crops and By-products' held at Grassland Research Institute, p. 11.
- HORTON, G.M.J. & STEACY, G.M., 1979. Effect of anhydrous ammonia treatment on the intake and digestibility of cereal straws by steers. *J. Anim. Sci.* 48, 1239.
- IBBOTSON, C.F., MANSBRIDGE, R. & ADAMSON, A.H., 1984. Commercial experience of treating straw with ammonia. *Anim. Fd. Sci. Technol.* 10, 223.
- JAYASURIYA, M.C.N. & PEARCE, G.R., 1983. The effect of urease enzyme on treatment time and the nutritive value of straw treated with ammonia as urea. *Anim. Fd. Sci. Technol.* 8, 271.
- KERNAN, J.A., COXWORTH, E.C., CROWLE, W.L. & SPURR, D.T., 1984. The nutritional value of crop residue components from several wheat cultivars grown at different fertilizer levels. *Anim. Fd. Sci. Technol.* 11, 301.
- LUFADJEU, E.A., BLACKETT, G.A. & ØRSKOV, E.R., 1985. The effect of variety of spring barley straw and of ammonia treatment on nutritive value. *Proc. Nutr. Soc.* 44, 97A (Abstr.).
- MEHREZ, A.Z., ØRSKOV, E.R. & MCDONALD, 1977. Rates of fermentation in relation to ammonia concentration. *Br. J. Nutr.* 38, 437.
- MIRA, J.J.F., KAY, M. & HUNTER, E.A., 1983. Treatment of barley straw with urea or anhydrous ammonia for growing cattle. *Anim. Prod.* 36, 271.
- ØRSKOV, E.R. (1982). Protein nutrition in ruminants. Academic Press, New York.
- ØRSKOV, E.R., HOVELL, E.P. DE B & MOULD, F., 1980. The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Trop. Anim. Prod.* 5, 195.
- ØRSKOV, E.R. & MCDONALD, I., 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci. Camb.* 92, 499.
- ØRSKOV, E.R., REID, G.W., HOLLAND, S.M., TAIT, G.A.G. & LEE, N.H., 1983. The feeding value of straw and whole-crop barley and oats treated with anhydrous or aqueous ammonia or urea. *Anim. Fd. Sci. Technol.* 8, 247.
- PIENAAR, J.P. & ROUX, C.Z., 1984. Inferred mixing compartments in the sheep's digestive tract. *Can. J. Anim. Sci.* 64, 74.
- SOLAIMAN, S.G., HORN, G.W. & OWENS, F.N., 1979. Ammonium hydroxide treatment on wheat straw. *J. Anim. Sci.* 49, 802.
- STREETER, C.C., & HORN, G.W., 1982. Effect of treatment of wheat straw with ammonia and peracetic acid on digestibility *in vitro* and cell wall composition. *Anim. Fd. Sci. Technol.* 7, 325.
- SUNDSTØL, F., COXWORTH, E. & MOWAT, D.N., 1978. Improving the nutritive value of straw and other low-quality roughages by treatment with ammonia. *Wld. Anim. Rev.* 26, 13.
- TECHNICON INDUSTRIAL SYSTEMS, 1977a. Industrial method no. 334-74 W/B Tarrytown, New York.
- TECHNICON INDUSTRIAL SYSTEMS, 1977b. Industrial method no. 369-75 A/BX, Tarrytown, New York.
- UDEN, P., COLLUCCI, P.E. & VAN SOEST, P.J., 1980. Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta rate of passage. *J. Sci. Fd. Agric.* 31, 625.
- VAN ARK, H., 1981. Eenvoudige biometrische tegnieke en proefontwerp met spesiale verwysing na entomologiese navorsing. Wet. Pamf. Dept. Landb. Vis., Repub. S. Afr. No. 396.
- VAN SOEST, P.J., 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A Rapid method of the determination of fibre and lignin. *J.A.O.A.C.* 46, 82, 5.
- VAN SOEST, P.J., & WINE, R.H., 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell wall constituents. *J. Assoc. Off. Agric. Chem.* 50, 50.
- WYLIE, A.R.G., 1981. The effect of ammonium hydroxide and sodium hydroxide on the nutritional value of hay. *Rec. Agric. Res.* 29, 5.