

Die benutting van ureumaangevulde en verskillende tipes geammoniseerde garsstrooi by skape

A.A. Brand en S.W.P. Cloete*

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

Ontvang 13 Oktober 1987; aanvaar 24 Mei 1988

The utilization of urea-supplemented and ammoniated barley straw in sheep. Barley straw treated with urea (75 kg/ton straw) and with anhydrous ammonia (30 kg/ton straw) by the stack and oven methods were compared with urea-supplemented barley straw in an intake and *in vivo* digestibility study. The ADF-N content of the barley straw was increased by 73 – 107% by ammoniation. Ammoniation improved the dry matter (DM) and organic matter (OM) digestibility of the barley straw ($P \leq 0,05$), possibly as a result of the higher fibre digestibility. The DM and OM digestibility of the urea-ammoniated straw was correspondingly significantly ($P \leq 0,05$) higher than that of the anhydrous ammoniated straw. The crude protein (CP) digestibility of the urea-ammoniated straw was higher than that of the anhydrous ammoniated straw treated according to the stack and oven methods. The voluntary intake on the oven-ammoniated straw was 34% higher than that of the urea- and anhydrous-ammoniated (stack-method) straw which were similar to each other. The latter treatments tended to have a higher voluntary intake than the urea-supplemented control ($P \approx 0,1$).

Garsstrooi behandel met ureum (75 kg/ton strooi) en met anhidriese ammoniak (30 kg/ton strooi) volgens die mied- en oondmetode is in 'n inname- en *in vivo*-verteringsstudie onderling en met ureumaangevulde garsstrooi vergelyk. Die SBV-N-inhoud van die garsstrooi is met 73 tot 107% verhoog deur ammonisering. Ammonisering het die droëmateriaal(DM)- en organiesemateriaal(OM)-verteerbaarheid van garsstrooi verbeter ($P \leq 0,05$), waarskynlik as gevolg van 'n hoër veselverteerbaarheid. Die DM- en OM-verteerbaarheid van die ureumgeammoniseerde strooi was ook betekenisvol ($P \leq 0,05$) hoër as by die anhidriesgeammoniseerde strooi. Die ruproteïene (RP)-verteerbaarheid van die ureumgeammoniseerde strooi was hoër as by anhidriesgeammoniseerde strooi wat behandel is volgens die mied- en oondmetodes. Die vrywillige inname van die oondgeammoniseerde garsstrooi was 34% hoër as by ureum- en miedgeammoniseerde garsstrooi, wat ooreenstem het. Laasgenoemde behandelings het geneig tot 'n hoër vrywillige inname as die ureumaangevulde kontrole ($P \approx 0,1$).

Keywords: Ammoniation, urea supplementation, barley straw, voluntary intake, digestibility

* To whom correspondence should be addressed

Ammonisering het, afgesien van praktiese voordele tydens behandeling (Ørskov, Reid, Holland, Tait & Lee, 1983), ook die bykomstige voordeel dat dit benewens verteerbaarheid ook die RP-inhoud van die behandelde produk aansienlik verhoog. Onduidelikheid heers egter oor die vorm en beskikbaarheid van dié bygevoegde N. Verskeie metodes van ammonisering word in die praktyk toegepas. Die metodes sluit in direkte behandeling met anhidriese ammoniak (Dryden & Kempton, 1983/84; Alibez, Muñoz & Faci, 1984) en waterige ammoniak (NH_4OH) (Waiss, Guggolz, Köhler, Walker & Garret, 1972; Kiangi, Kategile & Sundstøl 1981) sowel as indirekte behandeling met ureum (Dolberg, Saadullah, Haque & Ahmed, 1981; Kritzinger & Franck, 1981). Die effek van ammonisering is deur verskeie navorsers ondersoek en uiteenlopende resultate word vermeld. Ørskov, *et al.* (1983) rapporteer dat ureumammonisering geen effek het op die verteerbaarheid van strooi nie. 'n Opmerklike verbetering in die voedingswaarde van ureumgeammoniseerde koringstrooi is egter in *in vivo* verteringsstudies verkry wat op Elsenburg uitgevoer is (Cloete, de Villiers & Kritzinger, 1983; Cloete & Kritzinger, 1984). Kiangi, *et al.* (1981) en Dolberg, *et al.* (1981) se bevindinge was dat ureum as bron van ammoniak soortgelyke respons in *in vivo*- en *in*

vitro-verteringsstudies getoon het as waterige en anhidriese ammoniakbehandelinge. Onsekerheid bestaan dus oor die relatiewe doeltreffendheid van die verskillende metodes van ammonisering vir die opgradering van graanstrooi. Op grond hiervan is die invloed van ammonisering sowel as die metode van ammonisering op die chemiese samestelling, vrywillige inname en skynbare verteerbaarhede van garsstrooi in hierdie eksperiment ondersoek. Die vorm waarin die N afkomstig van ammonisering voorkom is terselfdertyd ondersoek.

Garsstrooi vanaf dieselfde variëteit en land is in die proefrantsoene ingesluit. Die volgende rantsoene is geëvalueer:

- (i) Ureumgeammoniseerde garsstrooi: Ureumammonisering is uitgevoer met 5,5% ureum en 40% vog volgens die metode beskryf deur Cloete & Kritzinger (1984). Die behandelingsperiode het 8 weke geduur.
- (ii) Miedgeammoniseerde garsstrooi (anhidries): Die strooi is op 'n natuurlike vogbasis ($\pm 10\%$) met 3% ammoniak behandel in 'n mied soos beskryf deur Sundstøl, Coxworth & Mowat (1978). 'n Reaksieperiode van 8 weke is toegelaat.
- (iii) Oondgeammoniseerde garsstrooi (anhidries): Die

strooi is in 'n AN-STRA-VERTER-oond op 'n natuurlike vogbasis met 3% ammoniak behandel soos beskryf deur Brand, Cloete & Kritzinger (1985).

- (iv) Ureumaangevulde garsstrooi: Onbehandelde garsstrooi is met ureum aangevul sodat dit benaderd op 'n iso-stikstofbasis met die geammoniseerde strooi was.

Die geammoniseerde strooi is na behandeling vir 2 weke geberg voordat monsters geneem is vir N-bepalings en dit aan die diere gevoer is in inname- en verteringseksperimente. Twintig volwasse S.A. Vleismerinohamels met 'n gemiddelde massa van $66,9 \pm 3,81$ kg is op grond van hulle massa in vier groepe van vyf hamels per groep ingedeel en in 'n ewekansige blokontwerp aan die rantsoene toegeken. Die gemiddelde vrywillige innames is oor 'n periode van 14 dae gemeet na 'n aanpassingsperiode van 10 dae. Tydens die daaropvolgende kolleksieperiode van 10 dae is die proefdiere teen $45 \text{ g/kgW}^{0,75}$ /dag gevoer. Totale misuitskeiding van elke hamel is bepaal. Verteenwoordigende monsters van die proefrantsoene en mis is ontleed. Die DM, OM en RP is bepaal volgens die metodes van AOAC (1970). Die ammoniak- en ureum-inhoud van die strooi is bepaal volgens die metode van die AOAC soos gewysig deur Kritzinger & Franck (1981). Die veselgebonde-N is bepaal op die selwand (SW)-, suurbestande vesel (SBV)- en lignienresidu's volgens die 'Industrial Method No. 334 - 74W/B' (1977) nadat die monsters verteer is op 'n aluminiumblok volgens die 'Industrial Method No. 369 - 75 A/B' (1977). Die SW-, SBV- en hemisellulosefraksies is ontleed soos beskryf deur Van Soest (1963) en Van Soest & Wine (1967). Die resultate is volgens standaard statistiese metodes vir 'n ewekansige blokontwerp ontleed. Verskille in innames en skynbare verteerbaarheidsresultate is getoets vir betekenisvolheid volgens die Student-Newman-Keuls metode (Van Ark, 1981).

Die chemiese samestelling van die proefrantsoene word in Tabel 1 aangetoon. In ooreenstemming met die

meeste navorsingsresultate (Solaiman, Horn & Owens, 1979; Jewell & Campling, 1986; Dias-Da-Silva & Sundstøl, 1986) blyk dit vanuit Tabel 1 dat beide die SW- en hemisellulose-inhoud van die garsstrooi deur ammonisering verlaag is. Die grootste verlaging in die SW- en hemisellulose-inhoud is verkry by die oondgeammoniseerde garsstrooi. Die afname in die hemisellulose-inhoud is volgens Solaiman, *et al.* (1979) die gevolg van die gedeeltelike oplossing daarvan. Die SBV-inhoud van die anhidriesgeammoniseerde garsstrooi is effe verhoog. Oji, Mowat & Winch (1977) het ooreenstemmend gerapporteer dat ammoniakbehandeling by 90°C die SBV-inhoud van mieliereste effe verhoog het.

Die onbehandelde garsstrooi het 2% RP bevat. Die RP-inhoud van die garsstrooi is dus deur ammonisering met 6,7 – 8,8 persentasie-eenhede verhoog (Tabel 1). Dit kan bereken word dat ongeveer 11% van die ureum toegedien by die ureumgeammoniseerde garsstrooi na 8 weke van behandeling nie afgebreek het nie. Dit blyk verder vanuit Tabel 1 dat ongeveer 35,5% van die totale N van die ureumgeammoniseerde strooi in die vorm van ureum-N was. Die NH_3 -N het onderskeidelik 20,1, 30,2 en 19,7% bygedra tot die totale N van die ureum-, mied- en oondgeammoniseerde strooi. Gordon & Chesson (1983) en Dryden & Kempton (1983/84) rapporteer onderskeidelik dat 36,7 en 34,7% van die totale N van garsstrooi, behandel met 4% ammoniak, in die vorm van NH_3 was. Dit blyk vanuit Tabel 1 dat 17,8 – 22,5%, 15,4 – 20,1% en 7,7 – 8,7% van die totale N onderskeidelik aan die SW-, SBV- en lignienfraksies in die geammoniseerde strooi gebind was. Die SW-N, SBV-N en lignien-N in die onbehandelde strooi uitgedruk as persentasie van die totale N was egter onderskeidelik 71,9, 46,9 en 31,3%. Solaiman, *et al.*, (1979) het in ooreenstemming hiermee gevind dat die bydrae van die SBV-N van onbehandelde koringstrooi tot die totale N 43,6% was, terwyl die SBV-N-inhoud van geammoniseerde koringstrooi 'n kleiner proporsie, nl. 25,8%,

Tabel 1 Chemiese samestelling van geammoniseerde en ureumaangevulde garsstrooi

Komponent	Ureumaangevulde garsstrooi	Ureumgeammoniseerde garsstrooi	Miedgeammoniseerde garsstrooi	Oondgeammoniseerde garsstrooi
DM	92,73	92,96	92,65	93,54
OM	86,77	87,24	86,93	86,59
SW	82,52	80,86	78,27	73,06
SBV	46,50	46,83	47,31	47,76
Hemisellulose	37,43	34,03	30,96	25,30
RP	8,31	10,56	8,70	10,82
Ureum	2,20	0,65	0,03	0,03
Totale N	1,33	1,69	1,39	1,73
Ureum-N	1,01	0,60	0,03	0,04
NH_3 -N	0,02	0,34	0,42	0,34
Selwand N				
SW-N	0,23	0,30	0,31	0,39
SBV-N	0,15	0,26	0,28	0,31
Lignien-N	0,10	0,13	0,11	0,15

Tabel 2 Vrywillige inname en skynbare verteerbaarhede van ureumaangevulde en geammoniseerde garsstrooi

Komponent	Ureumaangevulde garsstrooi	Ureumgeammoniseerde garsstrooi	Miedgeammoniseerde garsstrooi	Oondgeammoniseerde garsstrooi
Skynbare verteerbaarhede:				
DM	53,7 ^a	62,5 ^c	58,0 ^b	58,9 ^b
OM	54,7 ^a	63,8 ^c	59,1 ^b	60,5 ^b
RP	60,0 ^{a,b}	63,3 ^a	45,2 ^c	48,5 ^{b,c}
SW	58,5 ^a	70,9 ^b	66,1 ^{a,b}	61,6 ^{a,b}
SBV	48,9 ^a	59,9 ^c	55,8 ^b	54,5 ^b
Hemisellulose	71,2 ^a	83,3 ^{a,b}	82,4 ^{a,b}	88,5 ^b
Vrywillige inname:				
DM (g/kgW ^{0,75} /dag)	42,4 ^a	50,6 ^a	51,3 ^a	68,1 ^b
VDM (g/kgW ^{0,75} /dag)	22,7 ^a	31,5 ^b	29,9 ^b	40,1 ^c

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

uitgemaak het. Die bykans verdubbeling van die N-inhoud van die SBV-residu vanaf 0,15% tot 0,31% deur oondammonisering is ooreenstemmend met die resultate van Birkelo, Johnson & Ward (1986).

Die skynbare verteerbaarhede van DM, OM, RP, SW, SBV en hemisellulose van die proefrantsone is in Tabel 2 uiteengesit. Die skynbare DM- en OM-verteerbaarheid van die geammoniseerde garsstrooi was tussen 8,1 en 16,0% hoër ($P \leq 0,05$) as by die ureumaangevulde strooi. Die verhogings is in noue ooreenstemming met feitlik identiese resultate in die literatuur en kan as realisties vir in 'n wye reeks van ruvoere en ammoniseringsmetodes beskou word (Cloete & Kritzinger, 1984; Jayasuriya & Perera, 1982; Morris & Mowat, 1980). Dit is verder duidelik vanuit Tabel 2 dat die DM-verteerbaarheid van die ureumgeammoniseerde garsstrooi betekenisvol ($P \leq 0,05$) hoër was as die van die anhidriesgeammoniseerde garsstrooi. Dias-Da-Silva & Sundstøl (1986) het ooreenstemmend gevind dat die DM- en OM-verteerbaarheid van ureumgeammoniseerde koringstrooi betekenisvol hoër was as by die anhidriesgeammoniseerde koringstrooi (53,6 versus 49,4%). Die outeurs is van mening dat die verskil in OM-verteerbaarheid toegeskryf kan word aan 'n meer uniforme vrystelling van die bygevoegde N by die ureumammonisering, wat aanleiding kan gee tot 'n meer effektiewe mikrobe fermentasie in die rumen. Teenstrydige resultate is egter deur Ørskov, *et al.* (1983) gerapporteer wat gevind het dat ureumammonifisering nie die OM-verteerbaarheid van strooi verhoog het nie. In ander eksperimente waar die effek van die ammoniakbron op die benutting van strooi ondersoek is, rapporteer Ørskov, *et al.* (1983) dat die DM- en OM-verteerbaarheid van strooi behandel met akwa- en anhidriese ammoniak min of meer dieselfde was. Kiangi, *et al.* (1981) het in 'n *in vitro*-verteringsstudie met geammoniseerde mieliereste en rys- en koringstrooi gevind dat die *in vitro*-verteerbare droëmateriaal en *in vitro*-verteerbare organiese materiaal van die anhidriesgeammonifiseerde ruvoere betekenisvol hoër as die akwa-geammoniseerde ruvoere was.

Volgens Tabel 2 was die RP-verteerbaarheid van die

ureumgeammoniseerde en ureumaangevulde garsstrooi betekenisvol ($P \leq 0,05$) hoër as die van die miedgeammoniseerde garsstrooi. Die verskil in RP-verteerbaarheid tussen die oondgeammoniseerde en ureumaangevulde strooi was nie betekenisvol nie ($P \geq 0,05$). Die RP-verteerbaarheid van die ureumaangevulde garsstrooi is in ooreenstemming met die RP-verteerbaarheid van 64,1 en 61,3% wat onderskeidelik deur Cloete & Kritzinger (1984) en Dias-Da-Silva & Sundstøl (1986) gerapporteer is by koringstrooi wat aangevul was met 18 – 20 g ureum/kg strooi. Tabel 2 toon dat die RP-verteerbaarheid van die ureumgeammoniseerde strooi betekenisvol ($P \leq 0,05$) hoër was as by die anhidriesgeammoniseerde strooi. Wanapat, Sundstøl & Garmo (1985) het in 'n eksperiment waar dieselfde metodes van ammonisering ingesluit is, ook gevind dat die RP-verteerbaarheid van ureumgeammoniseerde koringstrooi hoër was as by anhidriesgeammoniseerde koringstrooi. Die bydrae van die onafgebreekte ureum, met 'n beraamde skynbare verteringskoeffisiënt van bykans 100% (Cloete & Kritzinger, 1984), moet egter in gedagte gehou word by so 'n vergelyking. Die samestelling van die rantsone op 'n vergelykbare stikstofbasis maak 'n direkte vergelyking van die ureumaangevulde en geammoniseerde rantsone moontlik. Die verlaging van die RP-verteerbaarheid van die anhidriesgeammoniseerde garsstrooi in vergelyking met die ureumaangevulde garsstrooi is bevestig in die literatuur (Wanapat, *et al.*, 1985; Horton, Nicholson & Christensen, 1982; Grotheer, Cross, Grimes, Caldwell & Johnson, 1984) en word nie verder bespreek nie. Die neiging tot 'n hoër RP-verteerbaarheid van die ureumgeammoniseerde garsstrooi in vergelyking met die ureumaangevulde garsstrooi is teenstrydig met vorige resultate op koringstrooi (Cloete & Kritzinger, 1984). Laasgenoemde outeurs het gevind dat die RP-verteerbaarheid van ureumgeammoniseerde koringstrooi 22,1% laer was as by ureumaangevulde koringstrooi. Die rede vir hierdie teenstrydige resultate is onduidelik. Dit mag egter verband hou met die feit dat die ureumgeammoniseerde garsstrooi in die huidige studie ongeveer 2,2% meer proteïen bevat het as die

aangevulde garsstrooi. Cloete & Kritzinger (1984) rapporteer 'n kleiner verskil van slegs 0,76%. Die SW-verteerbaarheid van ureumgeammoniseerde garsstrooi was 21,2% hoër as by die ureumaangevulde garsstrooi ($P \leq 0,05$).

Die SBV-verteerbaarheid van die ureum-, mied- en oondgeammoniseerde garsstrooi was ooreenstemmend 22,4; 14,1; 11,3% hoër as by die ureumaangevulde garsstrooi ($P \leq 0,05$). Die SW- en hemisellulose-verteerbaarheid van die ureum- en anhidriesgeammoniseerde garsstrooi het nie betekenisvol verskil nie. Die SBV-verteerbaarheid van ureumgeammoniseerde garsstrooi was betekenisvol ($P \leq 0,05$) hoër as by die anhidriesgeammoniseerde garsstrooi. Die SW- en SBV-verteerbaarheid van die anhidriesgeammoniseerde garsstrooi is in ooreenstemming met die waardes gerapporteer deur Birkelo, Johnson & Ward (1986) by koringstrooi. Die verhoging in die hemisellulose-verteerbaarheid van die oondgeammoniseerde garsstrooi in vergelyking met die ureumaangevulde garsstrooi van 24,3% is aansienlik laer as die verhoging van 39,8% vir dieselfde parameters gerapporteer deur Streeter & Horn (1984).

Die vrywillige inname van die ureum-, mied- en oondgeammoniseerde garsstrooi was onderskeidelik 19,4 ($P = 0,11$), 21,1 ($P = 0,08$) en 60,7% ($P \leq 0,05$) hoër as die ureumaangevulde strooi. Die inname van die diere op die oondgeammoniseerde garsstrooi was $\pm 34\%$ hoër ($P \leq 0,05$) as by die rantsoene behandel volgens die ureum- en miedmetode. Variërende resultate ten opsigte van die inname van volwasse skape en lammers op ureumaangevulde en -geammoniseerde ruvoere word in die literatuur gerapporteer. Dias-Da-Silva & Sundstøl (1986) het gevind dat die vrywillige inname van skape op ureum- en anhidriesgeammoniseerde koringstrooi (miedmetode) onderskeidelik 16,4% en 15,8% hoër was as by diere op ureumaangevulde strooi. In ander studies waar die vrywillige inname van geammoniseerde graanstrooi met ureumaangevulde strooi vergelyk is, rapporteer Streeter & Horn (1984), Cloete, *et al.*, 1983 en Cloete & Kritzinger (1984) onderskeidelik verhogings in inname van 20,5, 27,3 en 8,1%. In die algemeen lyk dit egter of ammonisering meestal 'n verbetering in smaaklikheid bo ureumaanvulling tot gevolg het. Die hoër verteerbaarheid van beide laasgenoemde behandelings het tot die onderskeie verbeterings ($P \leq 0,05$) in VOM-inname van 38,5 en 26,8% bo ureumaangevulde garsstrooi gelei (Tabel 2).

Die ondersoek toon dat 'n gedeelte van die N toegevoeg deur ammonisering as vry $\text{NH}_3\text{-N}$ aan die strooi gebind is. Die toename in die veselgebonde-N verklaar moontlik die lae RP-verteerbaarheid by die mied- en oondgeammoniseerde koringstrooi, waar geen vry ureum teenwoordig was nie. Daar is verder bevestig dat ammonisering volgens al drie metodes die DM- en OM-verteerbaarheid sowel as energie-inname van garsstrooi verhoog. Die rede vir die hoër verteerbaarheid wat by ureumgeammoniseerde garsstrooi waargeneem is in vergelyking met strooi wat met anhidriese ammoniak behandel is, mag verband hou met die vorm van die beskikbare N daarin (Dias-da-Silva & Sundstøl, 1986).

Die oorsaak vir die hoër vrywillige inname van skape op oondgeammoniseerde garsstrooi as by die ander behandelings is nie duidelik nie, maar dit mag verband hou met 'n meer doeltreffende reaksie by ammonisering volgens die metode, soos weerspieël in 'n groter verlies aan hemisellulose (Tabel 1) en 'n hoër hemisellulose-verteerbaarheid (Tabel 2). Ondervinding met 'n produksie-eksperiment dui daarop dat innamepeile op ureumbehandelde koringstrooi in produksierantsoene steeds te laag vir optimale produksie mag wees (Brand, Cloete & Vosloo, 1988). Verdere navorsing in dié verband is dus geregverdig.

Erkenning

Die outeurs wil graag Mnr F. Franck en sy laboratoriumpersoneel bedank vir hulle bydraes met die ontledings, en vir Caledon-Riviersonderend Koöperasie wat die garsstrooi geskenk het.

Summary

Barley straw treated with urea (75 kg/ton straw) and with anhydrous ammonia (30 kg/ton) by the stack and oven methods was compared with urea-supplemented barley straw in an intake and *in vivo* digestibility study. Ammoniation improved the crude protein (CP) content of the barley straw with 6,7 – 8,8 percentage units. The neutral detergent fibre (NDF) and hemicellulose content tended to decrease slightly owing to ammoniation.

Ammoniation significantly ($P \leq 0,05$) improved the apparent DM and OM digestibility of the barley straw by 8,1 – 16,4% compared to the urea-supplemented straw. The digestibility of the urea-ammoniated straw was approximately 7% ($P \leq 0,05$) higher than of the oven and stack-ammoniated straw which did not differ. The reason for this finding is uncertain, but it may be related to more effective rumen degradation caused by a more uniform release of N in straw treated by this method (Dias-da-Silva & Sundstøl, 1986). The CP digestibility of the urea-ammoniated straw was respectively 40 and 30,5% higher ($P \leq 0,05$) than that of the ammoniated straw treated according to the stack and oven methods, but it did not differ from urea-supplemented wheat straw. As in corresponding studies, there was a definite tendency for CP digestibility to be lower in anhydrous-ammoniated wheat straw than in urea-supplemented wheat straw, the difference of 24,7% between the latter treatment and stack-ammoniated wheat straw reaching statistical significance ($P \leq 0,05$). The voluntary intake on the oven-ammoniated straw was 34% ($P \leq 0,05$) higher than that of the urea and stack-ammoniated straw which were similar. The latter treatments tended to have a 21% higher intake than the urea-supplemented control ($P \approx 0,1$). Experience from a production experiment suggests that these intake levels may still be too low for optimal production when ammoniated wheat straw is included in production diets (Brand, *et al.*, 1988).

Verwysings

ALIBEZ, X., MÚÑOZ, F. & FACI, R., 1984. Anhydrous ammonia-treated cereal straw for animal feeding. Some

- results from the Mediterranean area. *Anim. Feed Sci. Techn.* 10, 239.
- AOAC, 1970. Official methods of analysis (11th Ed). Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.
- BIRKELO, C.P., JOHNSON, D.E. & WARD, G.M., 1986. Net energy value of ammoniated wheat straw. *J. Anim. Sci.* 63, 2044.
- BRAND, A.A., CLOETE, S.W.P. & KRITZINGER, N.M., 1985. The effect of anhydrous ammoniation on the nutritive value of whole oat grain. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 15, 43.
- BRAND, A.A., CLOETE, S.W.P. & VOSLOO, L.P., 1988. Ureumaangevulde en ureumgeammoniseerde koringstrooi as ruvoerbronne vir oorsomeringsrantsone vir laadragtige- en lakterende S.A. Vleismerino-ooie. *S.-Afr. Tydskr. Veek.* 18, 8.
- CLOETE, S.W.P., DE VILLIERS, T.T. & KRITZINGER, N.M., 1983. The effect of ammoniation by urea on the nutritive value of wheat straw for sheep. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, 13, 143.
- 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 by sheep. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 14, 50.
- DIAS-DA-SILVA, A.A. & SUNDSTØL, F., 1986. Urea as a source of ammonia for improving the nutritive value of wheat straw. *Anim. Feed Sci. Techn.* 14, 67.
- DOLBERG, F., SAADULLAH, M., HAQUE, M. & AHMED, R., 1981. Storage of urea-treated straw using indigenous material (in Bangladesh). *Wld Anim. Rev.* 38, 37.
- DRYDEN, G. McL. & KEMPTON, T.J., 1983/84. Digestion of organic matter and nitrogen in ammoniated barley straw. *Anim. Feed Sci. Techn.* 10, 65.
- GORDON, A.H. & CHESSON, A., 1983. The effect of prolonged storage on the digestibility and nitrogen content of ammonia treated barley straw. *Anim. Feed Sci. Techn.* 8, 147.
- GROTHEER, M.D., CROSS, P.L., GRIMES, L.W., CALDWELL, W.J. & JOHNSON, L.J., 1984. Anhydrous ammonia treatment of uncovered high quality Coastal Bermudagrass hay. *J. Anim. Sci.* 59, 296 (Suppl.).
- HORTON, G.M.J., NICHOLSON, H.H. & CHRISTENSEN, D.A., 1982. Ammonia and sodium hydroxide treatment of straw in diets for fattening steers. *Anim. Feed Sci. Techn.* 7, 1.
- JAYASURIYA, M.C.N. & PERERA, H.P.O., 1982. Urea ammonia treatment of rice straw to improve its nutritive value for ruminants. *Agric. Wastes* 4, 143.
- JEWELL, S.N. & CAMPLING, R.C., 1986. Aqueous ammonia treatment of wheat straw: Voluntary intake and digestibility in cattle. *Anim. Feed Sci. Techn.* 14, 81.
- KIANGI, E.M.I., KATEGILE, J.A. & SUNDSTØL, F., 1981. Different sources of ammonia for improving the nutritive value of low quality roughages. *Anim. Feed Sci. Techn.* 6, 377.
- KRITZINGER, N.M. & FRANCK, F., 1981. Die effek van ureuminkuiling op die *in vitro* verteerbaarheid van koringstrooi. *Els. J.* 5, 15.
- MORRIS, P.J. & MOWAT, D.N., 1980. Nutritive value of ground and/or ammoniated corn stover. *Can. J. Anim. Sci.* 60, 327.
- OJI, U.I., MOWAT, D.N. & WINCH, J.E., 1977. Alkali treatments of corn stover to increase nutritive value. *J. Anim. Sci.* 44, 798.
- 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. Feed Sci. Techn.* 8, 247.
- STREETER, C.L. & HORN, G.W., 1984. Effect of high moisture and dry ammoniation of wheat straw on its feeding value for lambs. *J. Anim. Sci.* 59, 559.
- SOLAIMAN, S.G., HORN, G.W. & OWENS, F.N., 1979. Ammonium hydroxide treatment on wheat straw. *J. Anim. Sci.* 49, 802.
- SUNDSTØL, F., COXWORTH, F. & 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, 1977. Industrial method no. 334 - 74 W/B, Tarrytown, New York.
- TECHNICON INDUSTRIAL SYSTEMS, 1977. Industrial method no. 369 - 75 A/B. Tarrytown, New York.
- VAN ARK, H., 1981. Eenvoudige biometriese tegnieke en proefontwerpe 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. Assoc. Off. Agric. Chem.* 46, 825.
- 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.
- WAISS, A.C., GUGGOLZ, J., KOHLER, G.O., WALKER, H.G. & GARRET, W.N., 1972. Improving digestibility of straws for ruminant feed by aqueous ammonia. *J. Anim. Sci.* 35, 109.
- WANAPAT, M., SUNDSTØL, F. & GARMO, T.H., 1985. A comparison of alkali treatment methods to improve the nutritive value of straw. *Anim. Feed Sci. Techn.* 12, 295.