

Onlangse ontwikkeling op die gebied van ruvoervoorsiening aan herkouers

L.P. Vosloo

Departement Skaap- en Wolkunde, Universiteit van Stellenbosch, Stellenbosch

Roughage feeding of ruminants — new developments. This article is mainly limited to developments in improving the utilization of cereal straws by ruminants. Scanning electron microscopic studies have been applied in the study of the rate of roughage fermentation in the rumen and this technique could be applied in selection programmes to develop pasture cultivars with higher digestibilities. Various aspects of the adhesion of rumen bacteria to fibrous material have been studied with the aid of transmission electron microscopy. With regard to the chemical composition of roughages the most recent developments are the use of spectroscopic techniques such as ultraviolet, infrared absorbance and nuclear magnetic resonance. Specific reference is made to the various chemical reactions that take place during ammoniation of cereal straws. The present state of knowledge with regard to the formation of 4-methylimidazole (4-me-I) during ammoniation is summarized and the possible role of Mg in protecting animals against the toxic effect of 4-me-I is discussed.

S. Afr. J. Anim. Sci. 1985, 15: 86–90

Hierdie artikel is hoofsaaklik beperk tot die benutting van graanstrooi deur herkouers. Op die gebied van mikroskopiese studies is aangetoon dat skandeerelektronmikroskopiese toenemend gebruik word om die tempo van rumenfermentering van ruvoer te bestudeer en dat transmissie-elektronmikroskopiese gebruik word om verskillende fasette van die aanhegting van rumenbakterieë aan ruvoer te bestudeer. Wat betref die chemiese samestelling van ruvoer is die gebruik van verskillende spektroskopiese tegnieke soos ultraviolet, infrarooi-absorpsie en kernmagnetiese resonansie waarskynlik die belangrikste nuwe ontwikkeling. Onder die onderwerp van chemiese behandeling van ruvoer word onder andere spesifiek verwys na die verskillende chemiese reaksies wat tydens ammonisering van graanstrooi plaasvind. Die huidige stand van kennis in verband met die vorming van 4-metielimidazool (4-me-I) word saamgevat en die waarskynlike rol van Mg om diere teen die toksiese effek van 4-me-I te beskerm word bespreek.

S.-Afr. Tydskr. Veek. 1985, 15: 86–90

Keywords: Cereal straws, microscopic studies, spectroscopic analysis, chemical treatment, 4-methyl-imidazole

Aangebied by die Simposium oor 'Vooruitgang op die gebied van Veekunde' by die 24ste Jaarlikse Kongres van die Suid-Afrikaanse Vereniging vir Dierreproduksie, Stellenbosch, 2–4 April, 1985

L.P. Vosloo

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

Inleiding

Ruvoer het nog altyd 'n baie belangrike rol gespeel in die voeding van herkouers. Trouens dit is so dat sellulose, die belangrikste bestanddeel van ruvoer, die volopste polimeer-molekuul in die natuur is (Sarkanen & Ludwig, 1971). Die bronne van ruvoer vir herkouers bestaan hoofsaaklik uit natuurlike en/of aangeplante weidings, hooie, kuilvoere en oesreste wat verkry word as neweprodukte uit stelsels waar hoë-kwaliteit-produkte vir menslike gebruik geproduseer word. Hierdie huidige oorsig sal hoofsaaklik handel oor onlangse ontwikkelings op die gebied van die gebruik van graanstrooi vir herkouervoeding.

Mikroskopiese studies

Vordering op die gebied van mikroskopiese evaluering van ruvoervertering in die rumen is deur Akin (1979) bespreek. Theander & Aman (1984) het in hulle oorsig meer spesifiek aandag geskenk aan die invloed van die anatomiese- en chemiese eienskappe van graanstrooi op die benutting daarvan as voer vir herkouers. Ligmikroskopiese (LM) word aangewend vir die bestudering van die rangskikking van plantweefsel, die hoeveelhede van die verskillende tipes weefsels en die omvang van die nie-degradeerbare weefsels. In hierdie verband het Regal (1980) 'n metode aan die hand gedoen waarvolgens die verteerbare versus onverteerbare weefsels in ruvoere met behulp van gepolariseerde LM bereken kan word.

Verdere vergroting en vermeerdering van diepte is die gebied van skandeerelektronmikroskopiese (SEM) waarmee dit moontlik is om deur middel van oppervlakte studies die tempo van degradering van verskillende komponente te bestudeer. Akin & Burdick (1975) het gevind dat vir 'n reeks van beide subtropiese en tropiese grassoorte die mesofil en die floëem die mees degradeerbare fraksies is en dat die sklerenchiem die stadigste degradeer. Die probleem met hierdie tegniek is egter dat die inligting beskikbaar is in die vorm van mikrograwe waarvan die interpretasie baie moeilik en krities is (Akin, 1979). 'n Onlangse ontwikkeling is die gebruik van transmissie-elektronmikroskopiese (TEM) vir die bestudering van die metodes en die omvang van aanhegting van rumenbakterieë aan plantweefsel gedurende degradering (Akin, Burdick & Michaels, 1974). Harbers, Kreitner, Davis, Rasmussen & Corah (1982) het met TEM die rumenvertering van NH_3 -behandelde koringstrooi ondersoek en mikroskopiese bevestiging gevind vir anaërobiese swamvertering van ruvesel in die rumen. Beide hierdie aspekte, naamlik die aanhegting van bakterieë aan ruvoer en die vertering deur swamme sal waarskynlik baie meer aandag geniet in die toekoms. Volgens Akin (1979) is een van die verdere moontlike toepassings van

hierdie mikroskopiese tegnieke, die teling en veredeling van weidingsgewasse op grond van die tempo van veselvertering.

Chemiese ontledings

Die belangrikste deurbraak in die skeikundige analise van voere was die voorstel deur Henneberg en Stohmann dat voere in ses fraksies verdeel word. Hierdie faktoriserings het later algemeen bekend geraak as die Weende-ontledingstelsel wat weer die basis gevorm het van die TVV-stelsels. Een van die belangrikste tekortkominge in die Weendestelsel is die oorberaming van die voedingswaarde van veral laegraadse ruvoere. Die vroeëre werk van Paloheimo & Paloheimo (1949) in Finland wat ten doel gehad het om 'n metode te ontwikkel om die mebraanbestanddele in voere te bepaal, is in Frankryk deur Jarige (1961) en in die VSA deur Van Soest (1963) voortgesit. In opvolging van die vroeëre werk van Van Soest (1963) met suuroplosmiddels het Van Soest & Wine (1967) begin met die gebruik van Na-dodesielsulfaat (ook bekend as Na-laurielsulfaat) as basis van 'n neutraaloplosmiddel om voere te verdeel in die oplosbare selinhoud en die onoplosbare selwandbestanddele. Omdat lignien nie alleen self onverteerbaar is nie, maar ook die verteerbaarheid van ander fraksies deur omringing benadeel, is dit belangrik om hierdie fraksie akkuraat te bepaal. Dit het geblyk dat die bepaling van die suuronoplosbare lignien of die Klason-lignien (Sarkanen & Ludwig, 1971) 'n oorberaming vir grasse en graanstrooie is. Dit blyk dus dat die permangenaat-metode wat deur Van Soest & Wine (1968) voorgestel is, eerder gebruik moet word. Hierdie ontwikkelinge op die gebied van analitiese metodes het dit moontlik gemaak om die voedingswaarde van ruvoere baie akkurater te bepaal en die responsie van diere ook akkurater te voorspel. In die suiwelbedryf word ook reeds baie aandag gegee aan die minimum neutraalbestande vesel en die maksimum suurbestande vesel om vir die produksie van bottervet en energie-inname voorsiening te maak (Waldo & Jorgensen, 1980).

Omdat lignien 'n aromatiese polimeer is, wat uit fenielpropaaneenhede saamgestel is en kenmerkende esterbande met die koolhidraatfraksie het, kan dit met verskillende spektroskopiese tegnieke soos ultraviolet, infrarooi en kernmagnetiese resonansie ondersoek word (Theander & Aman, 1984). Veral in die bestudering van chemiese metodes om die verteerbaarheid van laegraadse ruvoer te verhoog, sal die gebruik van infrarooi spektrale eienskappe van die verteerde en die onverteerde veselfraksies toenemend gebruik word om meer inligting in te win oor die aard van die reaksies wat plaasgevind het (Buettner, Lechtenberg, Hendrix & Hertel, 1982).

Fisiese behandeling

Dit is lank reeds bekend dat die maal en verkorreling van ruvoer die inname, veral deur skape, aansienlik verhoog. Dit bring mee dat die omset van verteerbare voedingstowwe verhoog hoewel dit dikwels gepaard gaan met 'n geringe verlaging in verteerbaarheid, veral dié van die veselfraksie (Van der Merwe, Ferreira, Vosloo & Labuschagne, 1962; Wainman & Blaxter, 1972). As gevolg hiervan en die feit dat die produksie van propionsuur verhoog en metaanproduksie verlaag, verbeter die benutting van graanstrooi gemeet aan die doeltreffendheid van voeromsetting aansienlik (Greenhalgh & Wainman, 1972). Plaaslike studies het aangetoon dat lammers 20 of 72 kg grofgemaalde lusern- of hawerhooi onderskeidelik moes inneem om 1 kg in liggaamsmassa toe te neem, maar wanneer dieselfde ruvoere fyngemaal en verkorrel was, het die lammers 'n doeltreffendheid van voeromsetting (kg:kg) van 10:1 op lusern en 12:1 op hawerhooi gelewer (Van Wyk,

1966). Soortgelyke resultate is deur Wainman & Blaxter (1972) gevind. Nogtans het die verkorreling van ruvoere of rantsoene wat hoë persentasies laegraadse ruvoere bevat, nie noemenswaardig posgevat nie. Die waarskynlikste redes is eerstens die gebrek aan geskikte plaasmodel-tipes masjiene wat rantsoene met hoë persentasies ruvoere teen 'n bevredigende kapasiteit kan verkorrel. Tweedens beperk die regulasies oor veevoere in Wet 36 van 1947 die maksimum ruveselinhoud van kommersiële rantsoene. Die hoogste toelaatbare ruveselinhoud in skaap- en beesrantsoene is 20%. Dit beperk die insluiting van ruvoere tot ongeveer 55% in die totale rantsoen. Hopelik sal die regulasies gewysig word sodat 'n groter persentasie van, byvoorbeeld, geammoniseerde ruvoere in die toekoms in kommersiële herkouerrantsoene ingesluit kan word. Op dié manier sal meer nut uit die voordele van verkorreling verkry kan word.

Chemiese behandeling

Bytsoda-behandeling

Die chemiese behandeling van ruvoer het 'n lang geskiedenis wat terugdateer tot 1895 toe Lehmann 100 kg strooi gekook het in 200 l water wat 4 kg NaOH bevat het (Homb, 1984). Die prosesse is van tyd tot tyd gewysig en vereenvoudig om die omslagtigheid, verliese aan droë materie en besoedelingsgevaare uit te skakel. Groot skaalse praktiese toepassing het egter beperk gebly tot die Skandinawiese lande. In Noorweë is daar in die middel sestigs byna 60 000 ton graanstrooi op plase behandel en 'n verdere 40 000 ton is koöperatief behandel (Homb, 1984). Die gebruik van dié prosesse het egter vinnig afgeneem nadat wetgewing teen besoedeling in 1970 ingestel is. Dit het aanleiding gegee tot die ontwikkeling van droë tegnieke in Denemarke (Rexen & Vestegaard Thomsen, 1976) en Suid-Afrika (Vosloo & Burger, 1977). Aanvanklik is heelwat kritiek uitgespreek oor die feit dat die meeste proefwerk met bytsodabehandelde ruvoere met *in vitro* studies uitgevoer is (Greenhalgh, 1980). Jackson (1977) noem dat 'n groot gedeelte van die verhoging in verteerbaarheid wat *in vitro* verkry word, 'denkbeeldig' kan wees omdat fraksies soos lignien en silikaverbindings deur die alkalibehandeling oplosbaar gemaak word maar hulle is nie noodwendig verteerbaar nie.

Namate meer *in vivo* metaboliese resultate bekend gemaak is, is daar ook bevestig dat die verhoging in verteerbaarheid nie van dieselfde omvang is as dié van *in vitro* studies nie, veral nie met toedienings van NaOH van meer as 4% op 'n droë basis nie. Die mees teleurstellende bevinding met NaOH-behandelde strooi was egter die feit dat die prestasie van diere, veral in vetmestingsproewe nie naastenby in ooreenstemming met die verhoogde verteerbaarheid was nie (Levy, Holzer & Folman, 1980). 'n Moontlike verklaring hiervoor is dat die tempo van vertering in die rumen afhanklik is van voldoende stikstof wat vir die mikro-organismes teenwoordig moet wees. In 'n plaaslike proef waar die N-inhoud van onbehandelde en bytsodabehandelde ruvoer met ureum of vismeel aangevul is, is gevind dat 30% van die totale variasie in daaglikse inname van verteerbare energie aan alkalibehandeling toegeskryf kan word, 24% aan stikstofaanvulling en 46% aan die tipe N-aanvulling (Vosloo & Burger, 1977). Hierdie bevinding dui daarop dat nadat aan die benodigdhede van die mikro-organismes beantwoord is, die volgende beperkende faktor op die inname van ruvoer met 'n lae proteïeninhoud die aminosure is wat uit die laer spysverteringskanaal opgeneem word. So het Kempton & Leng (1979) en Kempton, Nolan & Leng (1979) ook gevind dat die inname van laegraadse ruvoer verhoog is deur die aanvulling met ureum,

maar dat dit verder verhoog is deur die byvoeging van formaldehidbeskermdede kaseïen. Henning (1985) het aangetoon dat abomasale infusie van kaseïen die inname van ruvoer deur skape verhoog. Levy, Holzer, Drori & Folman (1983) het ook tot die gevolgtrekking gekom dat die beperkende faktor op die prestasie van beeste wat NaOH-behandelde strooi in hul dieet ontvang het, die beperkinge op die benutting van die geabsorbeerde aminosure is en nie soseer die verlaging in die inname van metaboliseerbare energie nie.

'n Aspek in verband met die benutting van NaOH-behandelde strooi wat nog nie baie aandag geniet het nie, is die moontlike verhoging wat die addisionele Na op die basale metabolisme kan plaas. Dit is bekend dat die energie benodig om normaalweg die natrium-kaliumpomp in stand te hou ongeveer 20% van die totale benodigdhede vir basale metabolisme beloop. Dit is dus moontlik dat die addisionele Na-inname die energie benodig vir basale metabolisme kan verhoog en op hierdie manier die energie beskikbaar vir produksie kan verlaag.

In die algemeen kom dit uit die beperkte inligting voor of die gebruik van NaOH-behandelde strooi nie ernstige gesondheidsprobleme inhou vir diere nie. Volgens Kristensen (1984) is daar egter waargeneem dat 'n skielike oorskakeling na NaOH-behandelde strooi 'n verlaging in die Mg-inhoud van die serum van melkkoeie tot gevolg gehad het.

Ammonisering

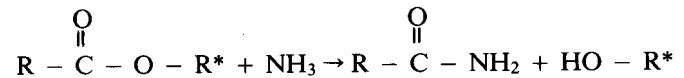
In 'n onlangse oorsig deur Sundstøl & Coxworth (1984) is die geskiedenis van ammonisering van ruvoere, die verskillende faktore betrokke by die reaksies, die verhoging in verteerbaarheid en die verskillende metodes van ammonisering, deeglik bespreek. 'n Bespreking van die voor- en nadele van die drie maniere van ammonisering wat in Suid-Afrika toegepas word en resultate uit plaaslike proewe het in 'n onlangse verhandeling van 'n simposium van die Wes-Kaapse tak van die SAVDP verskyn (Vosloo, Smith & Burger, 1983). 'n Verdere bespreking van hierdie aspekte sal dus nie hier onnodig herhaal word nie. Vir die doel van die huidige bespreking sal slegs aandag gegee word aan die aard van die verskillende reaksies wat waarskynlik tydens behandeling plaasvind, die vorming van skadelike verbindings wat diere nadelig mag beïnvloed en die faktore wat moontlik betrokke kan wees by die vatbaarheid van diere vir hierdie toksiese stowwe.

Verkleuring (*melanoidienreaksie of karamelisering*)

Die eerste opmerkbare verandering wat graanstrooi ondergaan as gevolg van NH₃-behandeling, is 'n verandering in kleur. 'n Toediening van 2–3% NH₃ veroorsaak 'n ligte goudgeelkleurige voorkoms terwyl meer NH₃ neig om die strooi na donkerbruin te verkleur. Hierdie kleurvorming word waarskynlik veroorsaak deur die vorming van glisielamiedes wat die sogenaamde Amadori-herrangskikking ondergaan volgens die Maillardreaksie tussen koolhidrate en N-bevattende verbindings (Krawielitzki & Nehring, 1973). Die N-gedeelte van hierdie produkte is waarskynlik nie maklik beskikbaar vir mikrobes in die rumen nie. Die feit dat die verteerbaarheid van die N-fraksie van strooi wat deur middel van verskillende metodes geammoniseer is, kan verskil met so veel as 40% (Kritzinger & Franck, 1981; Cloete, De Villiers & Kritzinger, 1983) dui aan dat faktore soos vog, temperatuur, druk, tyd, ens. moontlik betrokke kan wees by die vorming van sulke laagverteerbare verbindings. In hierdie verband doen Uden (1984) aan die hand dat dit raadsaam is om in metaboliese studies beide die voer en die mis te ontleed vir die N-inhoud van die suurbestandende veselfraksie.

Ammonolise

Die verhoogde verteerbaarheid as gevolg van ammonifisering word waarskynlik veroorsaak deur 'n reaksie van NH₃ met die lignien-koolhidraatkompleks. In 'n omvattende studie oor hierdie aspek het Buettner, Lechtenberg & Hendrix (1981) die infrarooi absorpsiespektra van NH₃-behandelde strooi bestudeer en gevind dat die esterabsorpsie-indeks aansienlik laer is as in onbehandelde strooi. In die algemeen word aanvaar dat hierdie esterbande voorkom in die bindings tussen lignien en polisakkariedes. Die ammonolise van die esterbande verloop waarskynlik as volg



waar R 'n polisakkaried soos sellulose of hemisellulose en R* 'n fenielpropaan-eenheid van lignien is (Krawielitzki & Nehring, 1973). Behalwe dat hierdie reaksie die verteerbaarheid verhoog, is dit baie waarskynlik dat die amied-N maklik deur die mikrobes benut kan word.

Vorming van imidasool- en pirasienderivate

Die reaksie van ammoniak met reduserende suikers het reeds in die twintigerjare aandag geniet toe gevind is dat 4-metiel-imidasool wat onder sekere omstandighede gevorm word, 'n toksiese verbinding is wat hewige konvulsies veroorsaak (Leiter, 1925). Tans is dit bekend dat daar 14 reaksieprodukte tussen NH₃ en reduserende suikers gevorm word (Nishie, Waiss & Keyl, 1970). Vyf van hierdie produkte is imidasole, agt is pirasienderivate en een is 'n barbitalverbinding, naamlik fenobarbital. Dit is interessant dat slegs 4-me-I 'n konvulsant is. Al die pirasienderivate en die ander imidasoolverbinding is bekende kalmeermiddels en fenobarbital is 'n bekende verdowingsmiddel wat ook algemeen by mense en diere as 'n doeltreffende antikonvulsant gebruik word. Die presiese reaksie-omstandighede wat die vorming van 4-me-I in graanstrooie veroorsaak is, sover vasgestel kan word, nog nie volledig ondersoek nie. Plaaslik word die invloed van temperatuur, druk, veginhoud en hoeveelheid ammoniak as veranderlikes tans ondersoek. Die eerste ondervinding van vergiftigingsprobleme met 'n geammoniseerde voer wat gekenmerk was deur hewige konvulsies by beeste is in die middel 50's in die VSA waargeneem (Feedstuffs, Nov., 1984). Gedurende hierdie tyd was 'n produk in die VSA bemark wat bestaan het uit melasse waarvan die N-inhoud verhoog is deur dit met anhidriede ammoniakgas te behandel. In sekere gevalle het diere wat hierdie produk geëet het neuro-muskulêre simptome getoon wat deur die Amerikaners as 'bovine bonkers' beskryf is.

In Suid-Afrika het gevalle wat die boere 'malkopsiekte' noem, op enkele plase, gewoonlik by 'n relatiewe klein persentasie van die diere, voorgekom. Dit kom voor asof twee tipes malkopsiekte onderskei kan word. Die eerste is waar die diere van dragtige diere hoofsaaklik uit geammoniseerde graanstrooi bestaan en die diere self geen afwykende gedragsimptome toon nie. Kort nadat die pasgebore kalwers of lammers biesmelk van hul moeders gedrink het, begin hulle egter konvulsies toon, in die rondte draai, neerslaan en vrek gou. Die persentasie diere in 'n kudde wat aangetas word, is nog nie met sekerheid bekend nie want daar het nog baie min van hierdie gevalle voorgekom. Die mortaliteit by aangetaste lammers of kalwers is feitlik 100% indien hulle nie vroegtydig behandel word nie. Die tweede tipe malkop is waar volwasse diere binne 2–4 dae nadat hulle geammoniseerde ruvoer ontvang het eers tekens van hipersensitiwiteit toon, hul ore aanhoudend beweeg, die ooglede na agter trek en oorreeger

op aanraking, prikkels of klappgeluide. Hierna spring hulle skielik met 'n aanhoudende gebulk weg en hardloop blindelings in voorwerpe vas. Die tweede en daaropvolgende aanvalle is minder intens en indien die diere hulself nie ernstig beseer nie, herstel hulle binne 'n dag of twee. Die voorkoms is blykbaar beperk tot 'n klein getal plase. Verslae wat die Universiteit van Stellenbosch ontvang het, het betrekking op sewe plase wat minder as 1% van die totale aantal plase is waarop geammoniseerde ruvoer gebruik word. Behalwe vir een plaas in die Transvaal is, sover bekend, al die probleemplase geleë in 'n gebied wat omlin kan word met 'n straal van ca. 100 km met Malmesbury as die middelpunt.

Die huidige stand van inligting in verband met malkopsiekte kan kortliks verder opgesom word. Die aantal aangetaste diere uitgedruk as 'n persentasie van die totaal wat die behandelde voer ontvang, varieer baie tussen plase maar die morbiditeit en die mortaliteit is meestal laag. In die Suid-Kaap waar groot getalle diere op baie plase behandelde strooi gevoer word, het geen probleme met malkopsiekte nog voorgekom nie. Geen gevalle van stoornisse het tot dusver by volwasse of jong skape voorgekom nie. Slegs drie gevalle is bekend waar pasgebore lammers weens malkopsiekte gevrek het. Op een plaas het hoenders wat die pitte in behandelde bale uitgeskrop het, ook neuro-muskulêre simptome getoon en sommige het gevrek. Die probleem is nie beperk tot bepaalde metodes van behandeling met NH_3 nie. Dit het voorgekom op strooi wat volgens die mied- en die oondmetode behandel is. Sover bekend het dit nog nie voorgekom waar strooi geammoniseer is deur inkuiling met ureum nie. In al die gevalle wat deur ons laboratoriums ondersoek is, was die ruproteïëinhoud ongeveer 50% hoër as wat normaalweg verwag word, naamlik 14–16% i.p.v. 9–11%. Dit kan 'n aanduiding van oorbehandeling met ammoniak wees. Die bekende neurotoksien 4-metielimidiasool (4-me-I) is in probleemvoere gevind.

Laboratoriumtoetse het aangetoon dat hierdie verbinding geredelik met minerale soos Mg en ook Ca komplekseer. Hierdie werk word tans met laboratoriumdiere verder gevoer om metodes van detoksifisering te ondersoek. Omdat daar 'n groot mate van ooreenkomst is tussen die neuro-muskulêre simptome van malkopsiekte en hipomagnesemie, is aandag geskenk aan die voorkoming deur die aanvulling van magnesium. In een geval is die Mg-inhoud van die drinkwater van ooie waarvan die lammers gevrek het, verhoog vanaf 20 na 150 $\mu\text{g/g}$ deur die byvoeging van MgSO_4 . Die vrektes het twee dae daarna opgehou. Een van die redes vir hierdie aanbeveling was dat ooie wat van dieselfde behandelde strooi op 'n ander plaas ontvang het, waar die water meer as 300 $\mu\text{g/g}$ Mg bevat het, geen probleme opgelewer het nie. In een geval het hoenders wat 'n onbekende hoeveelheid versadigde Engelse-soutoplossing ingegee is herstel. Waar dit nie moontlik is om die water te verryk nie kan 'n lek beskikbaar gestel word wat 1–2 g Mg/50 kg LM per dag verskaf. 'n Lek wat ingeneem word teen 150 g/50 kg LM met 'n Mg-inhoud van 1,25%, het na verneem word goeie resultate gelewer om die toestand te voorkom (J. Zietsmann en W.D. Basson, persoonlike mededeling).

Bevriësing en ontploffing met NH_3

'n Vinnige proses vir die behandeling van ruvoer met ammoniak wat op industriële skaal toegepas kan word, is deur Dale en medewerkers by die Colorado State University ontwikkel (Aangehaal deur Sundstøl & Cocksworth, 1984). Die proses is bekend as AFEX (afgelei van ammonia-freeze-explosion process) en word uitgevoer deur vloeibare ammoniak en strooi in 'n verhouding van 1:1 (m/m) te meng in 'n reaktor wat

in staat is om hoë druk te kan weerstaan. By kamertemperatuur vervlugtig die vloeibare ammoniak vinnig en binne 'n paar minute bou 'n druk van 12 kg/cm^2 binne die reaktor op. Die druk word dan skielik verlaag deur middel van 'n roterende balkklep wat tot gevolg het dat die temperatuur van die ammoniak en die strooi tot ver onder 0°C daal. Terselfdertyd sit die vloeibare ammoniak wat in die plantselle vasgevang is, so vinnig uit dat dit die bros selwande fisies uitmekaar skeur. Die materiaal is dan in fyn repies wat, as gevolg van die verhoogde oppervlakte, bevorderlik is vir vertering.

Hierdie proses was aanvanklik ontwikkel vir die produksie van etanol en 'n hoëproteïenkonsentraat uit lusern, maar dit hou bepaald moontlikhede in vir die verbetering van graanstrooi.

Summary

Although ruminants consume roughage from many sources including natural and cultivated pastures, hay, silage and crop residues, this article is limited to developments in improving the utilization of cereal straws. Cellulose comprises an important part of roughage. The use of the scanning electron microscope in the study of the rate of degradation of the different anatomical and structural components of roughages provides a visual method of observing the degradation process. Results show that, in subtropical and tropical grasses, mesophyll and phloem tissue are more rapidly degradable than sclerenchyma. Further in-depth visual information is available when using the transmission electron microscope to study degradation. However, both these techniques have the disadvantage of being unable to provide quantitative data, and interpretation is difficult and critical. These techniques could be applied in selection programmes to develop pasture cultivars with higher degradability and digestibility. New developments in respect of analytical instrumentation, especially ultraviolet, infrared and nuclear magnetic resonance, make it possible to determine the chemical composition of roughages more accurately and hence to predict the animal response more accurately. Chemical treatment of low-quality roughages to improve digestibility has been practised for many years especially in the Scandinavian countries. The process most commonly used is NaOH treatment which hydrolyses lignocellulose bonds, resulting in increased digestibility. *In vivo* studies show an optimum treatment level is 4% NaOH on a dry matter basis and further improvement in animal performance can be obtained by the inclusion of 'bypass protein' in the diet. A limitation of NaOH treatment is the additional energy required by the kidneys to excrete Na^+ . This has led to the development of ammoniation as a method of upgrading low-quality roughages. Specific reference is made to chemical reactions which take place during ammoniation such as the Maillard reaction (browning or caramelization) and the formation of imidazole and pyrazine derivatives. Recent information on the formation of the toxic compound 4-methylimidazole in ammoniated roughages is presented. The formation of this compound is influenced by temperature, pressure, moisture content, and the level of ammonia. Animals affected show typical nervous symptoms which can be alleviated by the inclusion of additional MgSO_4 in the drinking-water or in a lick. A recent development called the 'ammonia-freeze-explosion (AFEX)' process is discussed briefly.

Verwysings

- AKIN, D.E., 1979. Microscopic evaluation of forage digestion by rumen micro-organisms — a review. *J. Anim. Sci.* 48, 701.
AKIN, D.E. & BURDICK, D., 1975. Percentage of tissue types in tropical and temperate grass leaf blades and degradation of

- tissues by rumen micro-organisms. *Crop Sci.* 15, 661.
- AKIN, D.E., BURDICK, D. & MICHAELS, G.E., 1974. Rumen bacterial interrelationships with plant tissue during degradation revealed by transmission electron microscopy. *Appl. Microbiol.* 27, 1149.
- BUETTNER, M.R., LECHTENBERG, V.L., HENDRIX, K.S. & HERTEL, J.M., 1982. Composition and digestion of ammoniated tall fescue (*Festuca arundinacea* shreb) hay. *J. Anim. Sci.* 54, 173.
- 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.
- GREENHALGH, J.F.D. & WAINMAN, F.W., 1972. The nutritive value of processed roughages for fattening cattle and sheep. *Proc. Br. Soc. Anim. Prod.* p.61.
- GREENHALGH, J.F.D., 1980. Use of straw and cellulose wastes and methods of improving their value. In: *Byproducts and Wastes in Animal Feeding*. Ed. Ørskov, E.R. Occasional Publication no. 3, Br. Soc. Anim. Prod. 25.
- HARBERS, L.H., KREITNER, G.L., DAVIS, G.V. Jr., RASMUSSEN, M.A. & CORAH, L.R., 1982. Ruminal digestion of ammonium hydroxide treated wheat straw observed by scanning electron microscopy. *J. Anim. Sci.* 54, 1309.
- HENNING, P.H., 1985. The effect of abomasal infusion of casein and glucose on voluntary roughage consumption by sheep. *S. Afr. J. Anim. Sci.* In Press.
- HOMB, T., 1984. Wet treatment with sodium hydroxide. In: *Straw and other fibrous by-products as Feed*. Eds. Sundstøl, F. & Owen, E. Elsevier Amsterdam, p.106.
- JACKSON, M.G., 1977. The alkali treatment of straws. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2, 105.
- JARIGE, R., 1961. Analysis of carbohydrate constituents of fodder plants. 1. Analysis of the cell wall constituents by a method of acid hydrolysis. *Ann. Biol. Anim. Biochem. Biophys.* 1, 163.
- KEMPTON, T.J. & LENG, R.A., 1979. Protein nutrition of growing lambs. 1. Responses in growth and rumen function to supplementation of low protein-cellulosic diet with either urea, casein or formaldehyde treated casein. *Br. J. Nutr.* 42, 303.
- KEMPTON, T.J., NOLAN, J.V. & LENG, R.A., 1979. Protein nutrition of growing lambs. II. Effect on nitrogen digestion of supplementing a low-protein cellulosic diet with either urea, casein or formaldehyde treated casein. *Br. J. Nutr.* 42, 303.
- KRAWIELITZKI, R. & NEHRING, K., 1973. Untersuchungen über die druckammonisierung von kohlenhydrathaltigen Futterstoffen. *Arch. Tierernährung* 23, 237.
- KRISTENSEN, V.R., 1984. Straw in practical rations for cattle. In: *Straw and other fibrous by-products as Feed*. Eds. Sundstøl, F. & Owen, E. Elsevier, Amsterdam.
- KRITZINGER, N.M. & FRANCK, F., 1981. Die effek van ureum-inkuiling op die *in vitro* verteerbaarheid van koringstrooi. *Elsenburg J.* 5(1), 15.
- LEITER, L., 1925. The metabolism of imidazoles. *J. Biol. Chem.* 64, 125.
- LEVY, D., HOLZER, Z., DRORI, D. & FOLMAN, Y., 1983. Problems involved in the utilization of alkali-treated fibrous roughages. *Anim. Prod.* 37, 105.
- LEVY, D., HOLZER, Z. & FOLMAN, Y., 1980. Protein requirements of male cattle fattened on diets differing in energy concentrations. *Anim. Prod.* 30, 189.
- NISHIE, K., WAISS, A.C., Jr. & KEYL, A.C., 1970. Toxicity of methylimidazoles. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 14, 301.
- PALOHEIMO, K. & PALOHEIMO, I., 1949. On the estimation of the total vegetable membrane substances. *J. Sci. Agric. Soc. Finland* 21, 1.
- REGAL, V., 1980. The evaluation of the quality of pasture grasses by microscopic method. *Proc. Int. Grassld. Congr.* 8th: 522.
- REXEN, F.P. & VESTERGAARD THOMSEN, K., 1976. The effect on digestibility of a new technique for alkali treatment of straw. *Anim. Feed Sci. Technol.* 1, 73.
- SARKANEN, K.V. & LUDWIG, C.H., 1971. *Lignins: Occurrence, Formation and Reactions*. N.Y. Wiley-Interscience.
- SUNDSTØL, F. & COXWORTH, E.M., 1984. Ammonia treatment. In: *Straw and other Fibrous By-products as Feed*. Eds. Sundstøl, F. & Owen, E. Elsevier, Amsterdam. p.196.
- THEANDER, O. & AMAN, P., 1984. Anatomical and chemical characteristics. In: *Straw and other Fibrous By-products as Feed*. Eds. Sundstøl, F. & Owen, E. Elsevier, Amsterdam. p.45.
- UDEN, P., 1984. Laboratory methods for evaluating the nutritive value of untreated and treated fibrous by-products. In: *Straw and other Fibrous By-products as Feed*. Eds. Sundstøl, F. & Owen, E. Elsevier, Amsterdam. p.533.
- VAN DER MERWE, F.J., FERREIRA, I.L., VOSLOO, L.P. & LABUSCHAGNE, D.G.F., 1962. A comparison between pelleted and chopped lucerne hay in feeding of lambs. *S. Afr. J. Agric. Sci.* 5, 109.
- VAN SOEST, P.J., 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. 1. Preparation of the fibre residues of low nitrogen content. *J. Assoc. Offic. Anal. 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. Offic. Anal. Chem.* 50, 50.
- VAN SOEST, P.J. & WINE, R.H., 1968. Determination of lignin and cellulose in acid-detergent fibre with permanganate. *J. Assoc. Offic. Anal. Chem.* 51, 780.
- VAN WYK, G.N., 1966. 'n Vergelyking tussen verskillende ruvoerrantsoene in gekorrelde of gekerfde vorm vir die voeding van skape. M.Sc.-thesis Univ. van Stellenbosch.
- VOSLOO, L.P. & BURGER, W.J., 1977. Investigation into a dry process of alkali treatment of roughage: 1. The utilization of dry treated grain straw supplemented with urea or fishmeal. *Elsenburg J.* 1, 5.
- VOSLOO, L.P., SMITH, W.A. & BURGER, W.J., 1983. Ammonisering van voere. *Handl. Skaapvleisprod. Simp. Wes-Kaapse tak S. Afr. Ver. Diere Prod.*, p.69.
- WAINMAN, F.W. & BLAXTER, K.L., 1972. The effect of grinding and pelleting on the nutritive value of poor quality roughages for sheep. *J. Agric. Sci. Camb.* 79, 435.