

CAMBIOS EN LA COMPOSICION QUIMICA Y DIGESTIBILIDAD DE FORRAJES DE BAJA CALIDAD NUTRITIVA, MEDIANTE EL USO DE DIVERSOS COMPUESTOS QUIMICOS

ENRIQUE J. SÁNCHEZ ^{1,2}

Después de la cosecha de granos, los agricultores afrontan un grave problema con el manejo del sobrante de la planta. En la mayoría de los casos, la práctica desempeñada ha sido quemar las pajas directamente en los campos de cultivo, ocasionando con ello problemas de contaminación ambiental. Sin embargo, tampoco es aconsejable dejar residuos agrícolas en el suelo, debido al desarrollo de plagas que pueden ser perjudiciales a nuevos cultivos. Los esquilmos agrícolas deberían ser removidos del campo y darles una utilización más productiva.

Se ha pensado que los rumiantes podrían ser los animales más adecuados para consumir tales pajas y rastrojos, aunque se sabe que éstos están constituidos por tres cuartas partes de celulosa y hemicelulosa, que aun cuando son fuentes energéticas para rumiantes, no pueden ser eficientemente aprovechados debido a un alto contenido de fracciones fibrosas de escasa digestibilidad. Esta situación se relaciona estrechamente con la lignificación de los componentes de la pared celular y la presencia de una sustancia indigestible (sílice y hemicelulosa) unida al carbohidrato disponible.

Existen varios mecanismos asociados con la digestibilidad de forrajes con escaso valor nutritivo.

1. La enzima celulasa es inhibida por un polifenólico soluble (Swart *et al*, 1961).

2. La celulosa es inhibida por vía de cadenas covalentes que existen entre la lignina,

sílice y/o hemicelulosa (Brauns y Brauns, 1960).

3. Todo organismo que produce ligninasa es anaerobio y está ligado a un anillo aromático.

La unión ocurre estrictamente bajo condiciones anaeróbicas (Gibson, 1968).

4. La cristalinidad de la celulosa no ha logrado relacionarse con la digestibilidad de forrajes, pero teóricamente las estructuras cristalinas podrían ser más resistentes a la disolución (Van Soest y Lovelace, 1969).

Se ha pensado que tales mecanismos pueden ser modificados mediante la utilización de ciertas soluciones y compuestos químicos, que adicionados a forrajes de pobre calidad aumentan los índices de digestibilidad de materia seca.

Tratamiento químico a forrajes

Uso del hidróxido de sodio (NaOH). Mediante estudios realizados por Gadeen (1920); Archibald (1924); Watson (1941); McAnally (1942); Sen, Ray y Talpatra (1942); Woodman (1943); Wilson y Pigden (1964); Oloade y Mowat (1969), se ha demostrado que el tratamiento de pajas con NaOH incrementa la digestibilidad de la materia seca; dichos procedimientos comprendían métodos de enjuague con agua una vez que el material había sido tratado con el álcali, ocasionando con ello la pérdida de carbohidratos y proteínas solubles, lo que reducía aún más el valor nutritivo del forraje. Investigaciones posteriores (Cuadro 1) conducidas entre otras por Donefer (1968); Feist, Baker y Torkow (1970) simplificaron los procedimientos pioneros reduciendo la cantidad de agua, eliminando el

Recibido para su publicación el 29 de junio de 1976.

¹ Departamento de Nutrición Animal, Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias, S.A.G., Km. 15.5 Carretera México-Toluca, México 10, D.F.

² Rancho Experimental "La Campana", Apartado Postal 682, Chihuahua, Chih. Méx.

lavado y neutralizando los álcalis con soluciones de un ácido débil. La combinación de tratamientos con sosa y vapor a presión han sido utilizados para evaluar la composición química e incrementar la digestibilidad de la paja de trigo, Guggolz *et al.* (1971 a, b) lograron un aumento de 50% a este respecto. Por su parte Maeng, Mowat y Bilanski (1971), trabajando con paja de cebada, utilizaron NaOH al 6% y vapor a presión atmosférica durante 30 minutos, demostrando que tales tratamientos son muy superiores al ensilaje de alfalfa en cuanto a la digestibilidad de los componentes de la pared celular, energía digestible, celulosa y retención de nitrógeno. Shin *et al.* (1975a) utilizaron borregos con fistulas ruminales para estudiar los efectos de diferentes niveles de NaOH sobre la digestibilidad de la paja de trigo. Cuando se incrementó la concentración de NaOH (0 a 9 g/100 g de muestra) y el tiempo de fermentación ruminal, la digestibilidad de materia seca aumentó significativamente. Además de la paja de trigo, otros forrajes se han tratado con NaOH, Summers y Sherrad (1975); Klepfestein *et al.* (1972), determinaron la digestibilidad *in vitro* y la composición química de la cáscara de cacahuete, cajilla de algodón, olote de maíz, rastrojo de sorgo, alfalfa y zacate Alicia después de haber sido tratados con NaOH al 5% y 50% de humedad. En dicho experimento se observó una disminución de los componentes fibrosos debido a la reducción de lignina, el material soluble aumentó y la fibra ácido detergente y hemicelulosa fueron variables en cada forraje. La digestibilidad *in vitro* de cascarrilla de algodón no mejoró notablemente y los resultados indicaron que hay respuestas específicas para los diferentes forrajes.

Otros compuestos químicos utilizados como predigestores:

Se han conducido estudios para evaluar diversos compuestos químicos como el sulfuro de sodio (Na₂S), sulfito de sodio (Na₂SO₃), sulfato de sodio (Na₂SO₄), carbonato de sodio (Na₂CO₃), óxido de calcio (CaO), hidróxido de calcio (CaOH), hipoclorito de sodio (NaClO) y clorito de sodio (NaClO₂) en diferentes concentraciones que van de 0-30 g/100 g de materia seca. La efectividad de los tratamientos depende del tiempo de reacción a que se someta el material y al tamaño de la partícula utilizada. Gharub

et al. (1972 a, b) observaron que 16 g de Na₂SO₃, 4 g de NaS, y 12 g de NaOH/100 de materia seca durante 24 horas incrementaban la digestibilidad de forrajes hasta el 50%. Asimismo, una serie de ensayos de laboratorio han sido probados para comparar la efectividad del hidróxido de potasio (KOH), hidróxido de amonio (NH₄OH) y formato de sodio (NaCHO₂) sobre el incremento de la digestibilidad de materia seca de pajas y rastrojos. Los niveles de 10 y 15% de NaOH y KOH arrojaron los mejores resultados (Anderson y Ralston, 1973). Meléndez, Sánchez y Márquez (1976) encontraron que el KOH elevó la digestibilidad de la paja de trigo hasta 61%, seguido por el NaOH (60%), Ca (OH)₂ (56%). La remoción de lignina fue mayor para la paja tratada con NaOH, NaClO durante 48 horas. Barton *et al.* (1974); Yuyu y Emery (1970) han utilizado cloro gaseoso (Cl₂), hipoclorito de calcio (ClO₂) hipoclorito de sodio (NaClO), clorato de potasio (KClO₃) y encontraron que bajo condiciones anaeróbicas el Ca (ClO₂) aumentó la digestibilidad de la cáscara de cacahuete de 25 a 40%. El NaClO₂ redujo el contenido de lignina en un 40.50%, el NaClO y los cloruros orgánicos redujeron a 85% los componentes de la pared celular.

Caracterización química de ensilajes pretratados con hidróxidos

El uso de ensilajes con varios aditivos ha sido evaluado para determinar la digestión *in vitro* de varios forrajes toscos. Usando 4.5% de NaOH: (50:50%) durante 24 horas se incrementa un 20% la digestibilidad del zacate. Al adicionar 1% de urea y 20% de melaza de caña se incrementa el nivel de proteína y el pH ruminal se mantiene entre 5 y 4. Los ácidos orgánicos formados son lactato-acetato-butirato (Ralston y Shultz, 1974); Encinas, Márquez y Zambrano (1976) ensilaron paja de trigo previamente tratada con NaOH y/o (OH)₂ obteniendo digestibilidades de 62 y 68% en los tratamientos de NaOH al 4 y 6% de concentración y 40% de humedad; la fibra detergente-neutro se redujo de 77 a 64%.

Alimentación de animales con pajas tratadas químicamente

Ha quedado establecido que los tratamientos con álcalis incrementan el valor nutritivo

CUADRO 1
Efectos del tratamiento químico sobre el valor nutritivo de diversos forrajes

Autor	Tratamiento	Observaciones
Anderson y Ralston (1973) Meléndez, Sánchez y Márquez (1976)	NaOH 7-10-15%; KOH 7-10-15% NaClO 7%	La digestibilidad <i>in vitro</i> de la paja de trigo se incrementa hasta el 61% y existe una mayor remoción de lignina y componentes de la pared celular.
Barton <i>et al.</i> (1974)	Ca (ClO) ₂ NaClO ₂	Aumenta la digestibilidad de la paja de cacahuete en 25 o 40%, se reduce el contenido de lignina en 40 o 50% y los componentes de la pared celular disminuyen hasta el 85%.
Donefer (1968)	NaOH 1% + H ₂ SO ₄ 1%	Reducieron la utilización de grandes cantidades de agua, eliminaron el lavado del material tratado y neutralizaron la sosa con ácidos débiles.
Gharib <i>et al.</i> (1972 a, b)	Na ₂ SO ₄ 16% NaS 4% NaOH 12%	Incrementaron 50% la digestibilidad de cualquier forraje cuando se utilizan los compuestos químicos por espacio de 24 horas.
Guggolz <i>et al.</i> (1971 a, b) Feist, Baker y Torkow (1970)	NaOH al 6% vapor a presión atmosférica durante 30 min.	Lograron aumentos hasta de 50% en la digestibilidad de paja de trigo y cebada, disminuyendo la concentración de los componentes de la pared celular y celulosa.
Summers y Sherrad (1975) Klepfestein <i>et al.</i> (1972)	NaOH al 5% + Humedad 50%	Determinaron la digestibilidad <i>in vitro</i> en cáscara de cacahuete, cajilla de algodón, oloje de maíz, rastrojo de sorgo, alfalfa y zacate Alicia observando que hay respuestas específicas para cada forraje, aunque la disminución de los componentes fibrosos, reducción de lignina y hemicelulosa es en general para todos los forrajes.

de forrajes de baja calidad. El interés que esto ocasiona en los investigadores ha guiado a la conducción de diversos estudios (Cuadro 2) relacionados con la utilización de suplementos alimenticios para animales que consumen pajas tratadas. Swingle y Waymack (1975) proponen suplementos a base de nitrógeno no proteico, mientras que Saxena *et al.* (1971); Koers, Prorop y Klopffestein (1972) señalan que la paja de trigo pretratada al carecer de la mayor parte de proteínas, puede ser suplementada con pasta de soya, urea o con fosfato diamónico, teniendo los siguientes resultados: Aumento de peso diario (61 g vs 177 g), consumos de alimento (0.87 vs 1.29 kg/día) y conversión alimenticia (7.3 vs 19.1), Shultz y Ralston (1974) condujeron estudios de metabolismo y engorda de corderos, utilizando ensilaje de paja de trigo tratada a base de 4.5% de NaOH: KOH (50:50), 20% melaza y 1% urea, los resultados obtenidos indicaron aumentos diarios de 398 vs 454 g favoreciendo a los ensilajes tratados con hidróxido. El olote de maíz ha resultado ser también inaceptable alimento para borregos cuando se le somete a tratamientos químicos utilizando para ello soluciones de NaOH al 3% + presión de vapor a 17.5 kg/cm². Los resultados señalan que cuando el hidróxido se aplica después de someter el olote al vapor, se obtuvieron aumentos de 215 g y conversiones de 6.2; cuando el hidróxido se aplica simultáneamente a la presión de vapor, los aumentos fueron de 186 g/día y una conversión de 6.2. Los valores para aumento diario y conversión alimenticia para los tratamientos de paja testigo y paja tratada únicamente con vapor fueron de 87 g, 8.5 y 186 g, 6.2, respectivamente (Klopffestein *et al.*, 1974). Schultz y Ralston (1973) utilizaron vaquillas Hereford para probar los efectos del NaOH al 1% sobre los aumentos de peso y consumo de alimento, los tratamientos consistieron de diferentes combinaciones de paja molida y peletizada con urea y biuret. El consumo total de materia seca fue más elevado en las raciones con paja molida, y los más bajos con paja peletizada sin tratar. Las ganancias de peso fueron de 390 g/día para la ración peletizada de paja tratada + urea en comparación con los 60 g/día de la ración molida sin tratar + biuret.

Las experiencias en vacas lecheras alimentadas con 3.7 y 4.2% de la ración total en

forma de paja tratada con NaOH al 5% señalan producciones de 10 a 20 litros de leche al día, respectivamente, mientras que vacas consumiendo dietas convencionales produjeron 21 litros diarios (Rexen y Moller, 1974). Estos mismos autores presentan datos de estudios aún bajo experimentación donde se proporciona hasta el 40% de pajas tratadas con soluciones de NaOH al 5% en raciones para novillos de engorda. Los aumentos logrados hasta ese momento fueron de 1.3 kg/día por animal. Calderón *et al.* (1975) realizaron un estudio para observar el efecto del tratamiento álcali al rastrojo de maíz sobre el crecimiento en becerros productores de carne. Las raciones consistieron en proporcionar rastrojo de maíz tratado con NaOH al 4% más un concentrado proteico y melaza, los resultados señalaron que los tratamientos no mejoran la ganancia diaria (0.740 vs 0.730 kg). Sin embargo, el consumo de alimento y conversión alimenticia fueron más eficientes en los animales que recibieron rastrojo tratado (6.22 vs 5.05 kg y 8.36 vs 6.91, respectivamente). La influencia de tratamientos a base de presión (21 kg/cm²) + NaOH al 3% en pajas y rastrojos fueron estudiados en borregos por Umunna y Klopffestein (1972); se proporcionó el 70% de la ración en forma de paja tratada y 30% como suplemento proteico, vitaminas y minerales. La digestibilidad de la materia seca se incrementó de 53.5 a 73.1 y la ganancia de peso fue de 60 g contra 170 g a favor del material tratado. La conversión alimenticia también correspondió al grupo concerniente paja predigerida (7.19 vs 19.3). Otros productos como el aserrín de madera pretratada con NaOH al 1% y ácido sulfúrico H₂SO₄ al 1% han sido proporcionados a novillos de engorda, registrándose incrementos significativos en ganancia de peso, consumo y eficiencia alimenticia (Keith y Daniels, 1975).

Influencia de las pajas tratadas sobre la fisiología ruminal y química sanguínea

La influencia de pajas tratadas con hidróxido ha sido investigada en borregos con respecto a la digestibilidad de materia seca, fluidos ruminales y metabolitos del plasma. Los tratamientos con NaOH (2, 3, y 4%) incrementaron significativamente la digestibilidad de materia seca, mientras que la retención de nitrógeno disminuyó con el nivel de 4%

CUADRO 2

Efectos sobre la ganancia de peso y conversión alimenticia en animales alimentados con forrajes tratados químicamente

Autor	Tratamiento	Observaciones
Calderón <i>et al.</i> (1975)	Rastrojo de maíz tratado con NaOH al 4% + concentrado proteico y melaza	Las ganancias diarias en becerros de 155 a 222 kg no mejoran con las pajas tratadas (.730 vs .740 del testigo), pero sí mejoran la conversión (6.91 vs 8.36) y consumo de materia seca (5.05 vs. 6.22 kg/día).
Keith y Daniels (1975)	NaOH 1% + H ₂ SO ₄ 1% agregado al aserrín de pino	En novillos de engorda han logrado significativos aumentos de peso, consumos de materia seca y conversión alimenticia.
Klopfestein <i>et al.</i> (1974)	Olote de maíz tratado con NaOH al 3% + presión de vapor (17.5 kg/cm ²)	Se lograron en borregos aumentos de peso diario que variaron de 87 g para el testigo vs 215 g y conversiones de 8.5 vs 6.2 favoreciendo a las pajas tratadas.
Rexen y Moller (1974)	Paja de trigo + NaOH al 5%	Se produjeron 20 litros de leche al día cuando se proporcionó 3.7 y 4.2% de la ración total de materia seca en forma de paja tratada. En novillos de engorda se obtuvieron 1.3 kg/día de ganancia, utilizando paja tratada hasta el 40% del consumo diario.
Saxena <i>et al.</i> (1971)	Paja de trigo + NaOH 1.5%	La suplementación con pasta de soya, urea o fosfato diamónico producen aumentos de 177 g/día, consumos de 1.29 kg/día y conversiones alimenticias de 7.3 en borregos.
Shultz y Ralston (1974)	Ensilaje de paja de trigo con 4.5% de NaOH: KoH (50:50) + 20%	Los ensilajes tratados produjeron 454 g de ganancia diaria en borregos, mientras que los testigos ganaron 398 g.
Umumna y Klopfestein (1972)	Paja de trigo con NaOH al 3% + presión de vapor (21 kg/cm ²)	Se proporcionó el 70% de materia seca, como paja tratada, y se obtuvieron en borregos ganancias diarias de 170 g.

de NaOH. Al incrementar la concentración de sosa aumenta el nivel de ácido propiónico, disminuye el ácido isovalérico, el ácido acético tiende a decrecer y el butírico a incrementarse; además las concentraciones de amoníaco en el rumen disminuyen, así como los niveles de urea en la sangre (Ololade y Mowat, 1975). Shin, Carrigus y Owens (1975b) encontraron que alimentando borregos con pajas tratadas a un nivel de 9% de NaOH se obtienen datos similares y establecen que los niveles ascendentes de NaOH en las pajas están correlacionados con el descenso lineal en los niveles de

urea sanguínea y amoníaco ruminal. El pH del rumen aumentó conforme se incrementó el NaOH en la ración (6.93 a 7.15) sin causar con ello parálisis ruminal o alteraciones fisiológicas. Keith y Daniels (1975) apoyan lo anterior mediante sus trabajos con aserrín de madera tratado con NaOH 1% y H₂SO₄ al 1%. No obstante, existen tres anomalías fisiológicas muy frecuentes en animales alimentados con forrajes tratados a base de hidróxidos, éstas son: orina alcalina, diuresis osmótica y hemoglobinuria (Ololade *et al.*, 1973, 1975).

Literatura citada

- ANDERSON, D.C., and A.I. RALSTON, 1973, Chemical treatment of Rye grass straw; *in vitro* dry matter digestibility and compositional changes, *J. Anim. Sci.*, 37:148.
- ARCHIBALD, J.G., 1924, The effect of sodium hydroxide on the composition, digestibility and feeding value of grain hulls and other fibrous material, *J. Agr. Res.* 27:245.
- BARTON, F.E.; H.E. AMOS; W.J. ALBRECHT and D. BURDICK, 1974, Treating peanut hulls to improve digestibility for ruminants, *J. Anim. Sci.*, 38:860.
- BRAUNS, F.E., and D.A. BRAUNS, 1960, The chemistry of lignin, *Suppl. Vol. Acad. Press*, N.Y.
- CALDERÓN, F.; ROJAS R.; A SHIMADA y C. PERAZA, 1975, Alimentación de becerros con rastrojo de maíz tratado con álcali, *Veterinaria*, 6:1.
- DONEFER, E., 1968, The effect of sodium hydroxide treatment on the digestibility and voluntary intake of straw, *Pro. of 2nd. World Conf. on Anim. Prod.* 446.
- ENCINAS, C.; P. MÁRQUEZ y R. ZAMBRANO, 1976, Cambios en la composición química y digestibilidad *in vitro* de paja de trigo tratada con NaOHCa (OH) 2 y posteriormente ensilada. *Resúmenes de la XIII Reunión Anual del INIP.*, SAC, México.
- FEIST, W.C.; A.J. BAKER and H. TORKOW, 1970, Alkali requirements for improving digestibility of hard woods by rumen microorganisms, *J. Anim. Sci.*, 30:833.
- GADEN, W., 1920, The digestibility of straw after treatment with soda, *J. Agr. Sci.*, 10:451.
- GHARIB, F.H.; J.C. MEISKE and R.D. GOODRICH, 1972a, *in vitro* evaluation of chemically-treated low quality forage, *J. Anim. Sci.*, 35:1113 (Abstr.)
- , 1972b, Effect of grinding or sodium hydroxide treatment on low quality forage, *J. Anim. Sci.*, 35:1113 (Abstr.)
- GIBSON, D.T., 1968, Microbial degradation of aromatic compounds, *Science*, 161:1093.
- GUGGOLZ J.; G.O. KOHLER and T.J. KLOPFENSTEIN, 1971a, Composition and improvement of grass straw for ruminant nutrition, *J. Anim. Sci.*, 33:151.
- ; R.M. SAUNDERS; G.O. KOHLER and T.J. KLOPFENSTEIN, 1971b, Enzymatic evaluation of process for improving agricultural wastes for ruminant feeds, *J. Anim. Sci.*, 33:167.
- KEITH, E.A., and L.B. DANIELS, 1975, Sawdust before and after chemical treatment, *J. Anim. Eci.*, 41:407.
- KLOPFENSTEIN, T.J.; R.P. GRAHAM; H.G. WALKER JR., and G.O. KOHLER, 1974, Chemicals with pressure treated cobs, *J. Anim. Sci.*, 39:243 (Abstr.)
- ; V.E. KRAUSE; M.J. JONES and W. WOODS, 1972, Chemical treatments of low quality roughages, *J. Anim. Sci.*, 35:419.
- KOERS, W.; U. PROBOP and T.J. KLOPFENSTEIN, 1972, Sodium hydroxide treatment of crop residues, *J. Anim. Sci.*, 35:1131.
- MAENZ, W.J.; D.N. MOWAT and W.K. BILANSKI, 1971, Digestibility of sodium hydroxide treated straw fed alone or in combination with alfalfa silage, *J. Anim. Sci.*, 51:743.
- MCANALLY, R.A., 1942, Digestion of straw by the ruminant, *Biochem. J.* 36:392.
- MELÉNDEZ, A.; E. SÁNCHEZ y P. MÁRQUEZ, 1976, Cambios en la composición química y digestibilidad *in vitro* de la paja de trigo tratada con compuestos alcalinos, *Resúmenes de la XIII Reunión Anual del INIP*, SAC, México.
- MELLENBEIGER, R.W.; L.D. SATTER; M.A. MILLET and A.J. BOKER, 1970, An *in vitro* technique for estimating digestibility of treated and untreated wood, *J. Anim. Sci.*, 30:1005.
- OLOLADE, B.G., and D.N. MOWAT, 1969, *in vitro* digestibility of NaOH treated straw, *J. Anim. Sci.*, 20:167.
- , and S.C. SMITH, 1973, Digestibility and nitrogen retention of NaOH treated diet, *J. Anim. Sci.*, 37:352.
- OLOLADE, B.G., and D.N. MOWAT, 1975, Influence of whole-plant barley reconstituted with sodium hydroxide on digestibility, rumen fluid and plasma metabolism of sheep, *J. Anim. Sci.*, 40:351.

- REXEN, F., and M. MOLLER, 1974, Use of chemical methods to improve the nutritional value of straw crops, *Feedstuffs*, Feb. 25-46.
- SAXENA, S.K.; D.E. OTTERBY; J.D. DONKER and A. L. GOOD, 1971, Effects of feeding alkali-treated oat straw supplemented with soybean meal and non proteic nitrogen on growth of lambs and on certain blood and rumen liquor parameters, *J. Anim. Sci.*, 33:485.
- SEN, K.C.; S.C. RAY and S.K. TALPATRA, 1942, The nutritive value of alkali-treated cereal straws, *Indian J. vet. Sci. (Anim. Husb.)* 12:263.
- SHIN, H.T.; U.S. GARRICUS and F.N. OWENS, 1975a, Nylon bag studies of NaOH treated wheat straw, *J. Anim. Sci.*, 41:339.
- , 1975b, NaOH treated wheat straw rations for sheep, *J. Anim. Sci.*, 41:417.
- SHULTZ, T.A., and A.T. RALSTON, 1973, NaOH treated rye grass straw and NPN sources, *J. Anim. Sci.*, 36:1211.
- and E. SHULTZ, 1974, Effect of various additives on nutritive value of rye grass straw silage, I. Laboratory silo and *in vitro* dry matter digestion observations, *J. Anim. Sci.*, 39:920.
- SWART, W.G., JR.; I.A. BELL; N.W. STANLEY and W.A. COPE, 1961, Inhibition of rumen cellulase by an extract from sericea forage, *J. Dairy Sci.*, 44:1945.
- SUMMERS, C.B., and L.B. SHERRAD, 1975, Sodium hydroxide treatment of different roughages, *J. Anim. Sci.*, 41:420.
- SWINGLE, R.S., and L.B. WAYMACK, 1975, Digestibility of grain sorghum stover and wheat straw supplemented with NPN, *J. Anim. Sci.*, 41:421.
- UMUNNA, N.N., and T. KLOPFESTEIN, 1972, Response of lambs fed pressure treated wheat straw, *J. Anim. Sci.* 35:1136.
- VAN SOEST, P.J., and F.E. LOVELACE, 1969, Solubility of silica in forages, Paper presented at the annual meeting, *J. Anim. Sci.*, 29:182.