

MEJORAMIENTO DEL VALOR NUTRITIVO DE LA YUCA (*Manihot esculenta*) MEDIANTE PROCESOS TERMICOS. I. YUCAREA.

Juventino Luna Figueroa ^a

Irma Tejada de Hernández ^b

Leonel Martínez Rojas ^c

RESUMEN

La yuca (*Manihot esculenta*) es un producto rico en almidones, por lo que los procesos que incrementan su disponibilidad mejoran su valor nutritivo. El efecto de diferentes procesos térmicos sobre la liberación de amonio de mezclas de yucarea (harina de yuca-urea) fue estudiado *in vitro* e *in vivo* usando borregos. El efecto de los procesos térmicos sobre el Nitrógeno-urea en sangre de borregos alimentados con yucarea fue investigado en un segundo experimento. Se emplearon 12 borregos utilizando un arreglo al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones para cada tratamiento en un arreglo factorial (4X3) combinando forma física (pastillado, rolado, extrusado y un testigo sin procesar) con tiempo 4, 8 y 24 h. Los resultados obtenidos en el experimento muestran que el proceso térmico aplicado a la yucarea afecta ($P < 0.05$) el nivel de N-urea en sangre a las 4, 8 y 24 h posteriores a la ingesta del alimento, encontrándose los valores más altos para los procesos rolado y extrusado (27.070 y 26.752 vs. 21.969 y 19.250 N-urea/100 ml de suero sanguíneo en comparación con el pastillado y testigo, respectivamente). Las regresiones lineales entre concentración de N-urea y el tiempo fueron altamente significativas; $r^2 = 0.94$ rolado; $r^2 = 0.98$ extrusado; $r^2 = 0.97$ pastillado; $r^2 = 0.92$ testigo ($P < 0.01$), los análisis histopatológicos de los órganos riñón y pulmón e hígado de los animales sacrificados al término del experimento no mostraron evidencia alguna de daño por intoxicación con amonio. Los resultados confirman la hipótesis de que la yucarea procesada puede ser tan eficiente como la proteína verdadera, como fuente de amonio. La prueba *in vitro* utilizó para medir la eficiencia de la proteosíntesis microbiana a partir del consumo de amonio de mezclas de yucarea sometidos a procesos de pastillado, rolado y extrusado, comparados con un control sin procesar. Los tratamientos se distribuyeron bajo un diseño al azar con un arreglo de parcelas divididas en tiempo (4 tratamientos X 6 tiempos X 2 repeticiones). Los resultados mostraron que se mejora la utilización de la urea si se somete la mezcla a alguno de los procesos térmicos comparado con la mezcla sin procesar ($P < 0.05$), reflejado por el consumo de amonio por la microbiota ruminal, el cual mostró diferencias (0.0685, 0.0694, 0.0747 vs. 0.0216N-NH₃ g/100 ml) rolado, pastillado, extrusado y sin procesar, respectivamente.

Téc. Pec. Méx. Vol. 29 No. 3 (1991)

INTRODUCCION

La yuca (*Manihot esculenta*) es probablemente uno de los cultivos más abundantes en las áreas tropicales del mundo. Se estima que la producción es de aproximadamente 95 millones de toneladas al año¹⁷, del cual América Latina cosecha el

32%. En México el cultivo de la yuca se ha incrementado en los últimos años y en 1990 se sembraron 200,000 hectáreas con yuca²¹. La raíz de la yuca se emplea para nutrición humana y animal y para diferentes procesos industriales.

El tubérculo de yuca es utilizado en alimentación animal principalmente en sustitución de cereales en raciones para pollos y cerdos, proporcionándola en estado fresco, deshidratada o fermentada, sola o adicionada con subproductos agrícolas y compuestos nitrogenados.

El análisis de la yuca muestra que se trata de un producto rico en carbohidratos (83-92% BS), bajo en proteína cruda (0.9 y 6.1%

a El QFB MC Juventino Luna Figueroa falleció en un accidente automovilístico el 21 de febrero de 1989.

b Investigador, Centro Nacional de Investigaciones Disciplinarias en Microbiología-INIFAP, Km. 15.5 Carr. México-Toluca, México 10, D.F.

c Investigador, Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias-Tlaxcala-INIFAP, Ex-Hacienda La Aguanaja, Tlaxcala, Tlax.

BS)²⁵. Ya que la yuca se caracteriza por ser un producto rico en almidones, todos los procesos que incrementan su disponibilidad mejoran su valor nutritivo. Oweme¹⁷ demostró que el procesamiento de la raíz de yuca afecta la composición química y el valor de energía; este autor estudió el valor de la raíz de yuca pelada, picada y secada al sol; almidones de yuca; harina de yuca; yuca hervida; fermentada o rayada-fermentada y ahumada-fermentada para la rata en crecimiento. El procesamiento afectó el contenido de proteína, azúcares, cenizas y fibra. La sustitución del 40% de la glucosa de una dieta semipurificada por las diferentes presenaciones de yuca mostró un consumo mayor de alimento en la yuca cocida fermentada que en la completa y secada al sol. El peso de los animales fue mayor en los tratamientos con yuca cocida y rayada-fermentada que con la dieta testigo. Los valores de energía digestible y energía metabolizable fueron significativamente inferiores para los productos fermentados.

La capacidad de los microorganismos ruminales de utilizar amonio para la síntesis de proteína ha sido estudiada en varias ocasiones¹⁶. Sin embargo, diferentes trabajos muestran una baja utilización de la urea en comparación con la proteína verdadera⁴. La velocidad de hidrólisis de la urea por la ureasa ruminal combinada con la rápida absorción del amonio a través de la pared ruminal es una limitación importante para el uso de la urea como sustituto de la proteína. La toxicidad de la urea, su baja gustocidad y su segregación en raciones en forma de harina son las causas principales de que constantemente se estén buscando métodos que reduzcan la velocidad de hidrólisis y/o liberación de la urea misma. Inhibición de la ureasa ruminal^{1,10}; englobamiento de la urea por almidones sometidos a humedad y temperatura^{8,9,24} son algunos de los métodos estudiados para incrementar el valor de la urea para alimentación de rumiantes.

Para prevenir la intoxicación por urea se han sugerido varias alternativas como son: 1) un mayor período de adaptación de los

animales que la consumen; 2) el nivel y la frecuencia de consumo; 3) mezclar bien la urea con otros ingredientes; 4) adicionándola a ensilajes y 5) suplementos líquidos especialmente melaza de caña adicionada de urea y minerales. Entre los productos mezclados, la combinación de carbohidratos-urea son quizá los que ofrecen las mayores ventajas ya que mediante la aplicación de calor se puede reducir la velocidad de liberación de amonio al englobar los almidones a las partículas de urea.

La utilización de almidón de yuca-urea cocidos fue estudiada por Schulz *et.al.*²² como suplemento para corderos, encontrando que había una mayor producción de nitrógeno microbiano y de ácido propiónico, butírico y de ácidos grasos totales que en la ración que contenía pasta de ajonjolí como suplemento.

Los objetivos de este trabajo fueron evaluar mediante pruebas *in vitro* e *in vivo*, con borregos, la eficiencia de liberación del amonio de mezclas de yucarea sometidos a diferentes tratamientos térmicos.

MATERIALES Y METODOS

Para realizar este trabajo se utilizó yuca variedad "Papa" procedente de Veracruz, México. La harina de yuca (HY) se preparó lavando los tubérculos antes de pesarlos y secarlos al sol. posteriormente se trituraron en un molino de cuchillas utilizando un criba de 2 mm. La urea empleada fue de fabricación nacional. Se prepararon dos tipos de mezclas, la primera consistió en harina de yuca-urea adicionada con bentonita, micro-minerales y ortofosfato de calcio y la segunda únicamente la HY-urea. El Cuadro 1 describe la composición de las mezclas, el porcentaje de nitrógeno se ajustó en ambas mezclas a 6.7%.

El comprimido fue realizado en una pastilladora de laboratorio (California Laboratory Pellet Mill) con las siguientes condiciones: humedad de la mezcla, 12%; preacondicionado con vapor, 50 cm; diámetro del dado, 1.1 cm; secado en aire forzado, 60 C. El rolado se realizó en un

CUADRO 1. COMPOSICION DE LAS MEZCLAS EXPERIMENTALES. PRUEBAS *in vitro* e *in vivo*.

INGREDIENTE, %	TRATAMIENTOS	
	1	2
Harina de yuca	81.00	86.10
Urea	13.90	13.90
Bentonita	4.00	—
Fosfato de calcio	0.60	—
Mezcla de minerales ¹	0.50	—

1) Minerales por kg de mezcla: Flor de azufre 4.07g, Fe₂O₃ 855 mg, MnSO₄ H₂O 3.55 g, ZnO 31 mg, CuSO₄ 5H₂O 785 mg, CoSO₄ 240 mg, KI 55 g, CaCO₃ 44.19 g.

secador de rodillos calentados a base de vapor con las siguientes condiciones: humedad de la mezcla 45%, separación entre rodillos 0.10 cm, velocidad de los rodillos 5.0 rpm, alimentación 1.5 kg/hora, temperatura en los rodillos 90 C, secado en aire forzado a 60 C. Extrusado (Extrusor Wanger X-5), humedad de la mezcla 15.0%, diámetro de la boquilla 0.45 cm, velocidad del gusano extrusor 430 rpm, temperatura de la camisa del cabezal 110 C, temperatura del dado del extrusor 100 C y alimentación, 2 kg.

Prueba *in vitro*.

La prueba *in vitro* se realizó mediante el método sugerido por Minson y Mcleod ¹³ para digestibilidad con algunas modificaciones. Para las incubaciones se utilizaron muestras de 0.5 g, previamente trituradas en un molino de cuchillas (Wiley Mills), utilizando una criba de 1 mm, las incubaciones se realizaron en matraces Erlenmeyer de 250 ml, en los cuales se colocaba la muestra, se adicionaban 20 ml de la saliva artificial (buffer minerales) y 10 ml de líquido ruminal, ambos a 39 C. Inmediatamente después de la adición del inóculo se burbujeó CO₂ por 30 segundos y se cubrieron con tapones que tenían una horadación de la cual salía un tubo de vidrio que entraba por medio de otra horadación en el tapón de un pequeño

tubo que contenía HCL-0,01N para atrapar el amonio liberado en forma gaseosa. Como donadores de líquido ruminal se utilizaron dos borregos fistulados en el rumen, los cuales fueron alimentados durante tres semanas antes y durante la prueba con una ración que contenía urea (1.8%) con objeto de adaptar la microbiota ruminal a dietas altas en nitrógeno no proteico. Los donadores fueron alimentados en una sola porción a las 17:00 h y el agua fue ofrecida a libertad. El líquido ruminal se recolectó por las mañanas, a través de la cánula, usando una bomba de vacío manual conectada a un tubo de plástico.

Para evaluar si la composición de las mezclas uno y dos afectaban la liberación del amonio se midió el nitrógeno amoniacal de cada una de las mezclas sometidas a los procesos térmicos indicados por medio de la técnica de microdifusión de Conway ², alícuotas de 1 ml de cada frasco, cada 60 min durante seis horas después de inoculación. Se establecieron 12 repeticiones por cada tratamiento térmico y mezcla de yuca-rea y el respectivo blanco. El análisis de los resultados no mostró diferencias significativas (P < 0.01) al compararse los promedios con una prueba de Student ²¹, por lo que se decidió utilizar la mezcla, ya que ésta resultaba más fácil de operar.

Posteriormente para determinar el efec-

to de los procesos térmicos sobre la liberación de amonio, las mezclas procesadas y sin procesar se distribuyeron a los tratamientos bajo un diseño al azar, con diseño de parcelas divididas en tiempo (4 tratamientos X 6 tiempos X 2 repeticiones). La toma de muestras para la cuantificación del N-amoniaco liberado, se efectuó cada 60 min. durante seis horas, analizándose también por el método de Conway³. El N amoniaco presente en el líquido ruminal fue cuantificado en cada una de las extracciones y el dato obtenido fue empleado para corregir los resultados de las pruebas.

Todos los valores obtenidos fueron analizados estadísticamente según el diseño previamente descrito y según los lineamientos sugeridos por Steel y Torrie²⁰

Prueba *in vivo*.

Para evaluar la influencia de los procesos térmicos sobre la liberación de amonio de yucarea en dietas para borregos se midió la concentración del nitrógeno ureico en sangre de los animales consumiendo dichas dietas.

Se utilizaron 12 borregos castrados criollos, encastados de South Suffolk, de un peso promedio de 36.640 ± 4.7 kg. Los animales se colocaron en jaulas metabólicas individuales que tenían comedero metálico y bebedero de plástico. Mediante un diseño completamente al azar con cuatro procesos y tres repeticiones para cada uno en un arreglo factorial 4X3 combinando forma física (pastillado, rolado, extrusado y sin procesar) con tiempo (4, 8 y 24 horas) de proporcionado el alimento. Para esta prueba también se utilizó la mezcla uno (HY-urea-bentonita y minerales) de la prueba anterior. Los tratamientos térmicos fueron semejantes a los realizados en la prueba *in vitro*, excepto que el extrusado y el pastillado se realizaron en equipo comercial, el rolado en una tortilladora automática en el que la temperatura de secado fue constante sobre la banda. Las condiciones fueron las siguientes; Pastillado (California Pellet Mill) preacondicionado, vapor 92 C (agua 5%),

diámetro del dado 1.1 cm, tiempo de estancia 1.5 min, enfriado en un enfriador de cubitos. Rolado: humedad de la mezcla 45%, separación entre rodillos 0.3 cm, velocidad de rodillos 45 rpm, temperatura en la banda 90-100 C, tiempo de estancia en la banda 30 seg. Secado por aire forzado a 60 C. Extrusado (Extrusor Sprout Waldrom 775). Humedad de la mezcla 80%, velocidad del gusano extrusor 280 rpm, presión de vapor en cocineta 7 lbs/pulg², agua en la cocineta a 3.5 lbs/pulg², el agua en el extrusor 1.2 gl/min, diámetro del extrusor 0.9 cm. Las muestras procesadas fueron comparadas con una dieta testigo que contenía: harina de pescado 54.0%, harinolina 15.0%, harina de yuca 30.0% y minerales-sal 1.0%.

Los borregos fueron sometidos a un período de adaptación a urea durante un mes, consumiendo la yucarea respectiva, de acuerdo al diseño empleado. Se observó en este tiempo que el consumo variaba notablemente, por lo que se decidió darles alimentación forzada. Se les proporcionaron entonces 150 g de la yucarea asignada por medio de una sonda de plástico introducida por vía esofágica a la cual se le adaptó en un extremo un embudo en el que se depositaba la yucarea. Todas las presentaciones de yucarea fueron molidas a un tamaño de partícula de 3 mm y se les proporcionaron a los borregos en la mañana (10 h), suministrándoles además rastrojo de maíz picado (tamaño de partícula, 2 cm), a razón de 2.5 kg/animal/día en una sola porción a las 17:00 h.

Se tomaron muestras de sangre diariamente de cada tratamiento por punción de la yugular de los borregos a las 4, 8 y 24 horas posteriores a la ingesta y se analizaron por duplicado para cuantificar N-uréico en suero sanguíneo por el método de Chaney y Marbach⁵.

Al término del experimento que duró ocho semanas, todos los borregos fueron sacrificados y se tomaron muestras de hígado, riñón y pulmones para su análisis histopatológico. Los resultados obtenidos fueron evaluados estadísticamente por análisis de varianza de acuerdo con el diseño em-

pleado, ya descrito anteriormente. Los promedios de los tratamientos fueron comparados entre sí mediante una prueba de Student-Newman-Keuls²⁰

RESULTADOS Y DISCUSION

Prueba *in vitro*

En el Cuadro 2 se describen los resultados obtenidos. Cuando el sustrato empleado fue yucarea procesada por cualquiera de los métodos empleados se pudo observar que se mejoraba la utilización de la urea comparado con el tratamiento testigo, indicado esto por el consumo de amonio. Se detectó que en todos los procesos a los que fue sometida la yucarea, la concentración de amonio fue mayor ($P > 0.05$), por lo que virtualmente todos los procesos pueden emplearse considerando que se tenía un sistema hermético en el cual entre menos $N-NH_3$ mayor proteosíntesis.

Las regresiones lineales entre proceso térmico y tiempo mostraron los siguientes coeficientes de correlación: $r^2 = 0.697$, 0.760 , 0.735 para rolado, pastillado y extrusado, respectivamente. La comparación de los procesos térmicos entre sí mostró correlaciones significativas ($P < 0.01$). Pastillado vs rolado $r = 0.993$, extrusado vs rolado 0.997 ; extrusado vs pastillado, $r = 0.995$; rolado vs extrusado, $r = 0.997$; pastillado vs extrusado, $r = 0.995$. En el cuadro 3 se muestran los resultados. La comparación entre el proceso térmico y el tiempo muestra que la liberación de amonio se comporta ligeramente diferente con el proceso aplicado, para el rolado y el pastillado el consumo promedio de $N-NH_3$ se estabiliza hasta 240 min; en el tratamiento extrusado el consumo de amonio fue semejante al de los otros dos procesos hasta el tiempo 360 min. En el tratamiento testigo el consumo de $N-NH_3$ fue igual durante toda la prueba, por lo que no se podían realizar pruebas de correlación. La comparación entre procesos térmicos muestra correlaciones muy altas entre ellos, haciéndolos igualmente eficiente.

Los resultados obtenidos indican que la

gelatinización del almidón de yuca proporcionó los esqueletos de carbono necesarios, lo que mejoró significativamente la utilización de la urea ($P < 0.05$) reflejado por una concentración baja de amonio, lo que confirma los resultados expuestos por varios investigadores^{7,11,24,27}, quienes observaron que el almidón de la mezcla se gelatiniza durante los tratamientos térmicos englobando a las partículas de urea, lo que retarda su hidrólisis por la ureasa ruminal.

Muhrer *et al.*¹⁴ indicaron que la urea y el almidón se combinan químicamente cuando se someten al calor y presión, lo que causa que el almidón se libere más lentamente, por lo que es razonable pensar que los procesos térmicos permiten utilizar niveles altos de urea en raciones para rumiantes.

Prueba *in vivo*

La escasa gustocidad de la yucarea sin procesar y procesada en este trabajo influyó notablemente en la realización del mismo; sin embargo, permitió medir el efecto del proceso térmico al tener consumos iguales de yucarea en todos los tratamientos. Owens *et al.*¹⁸ cubrieron la urea con talco y aceite de linaza, lo que mejoró la gustosidad y como consecuencia el consumo de alimento de borregos.

En el Cuadro 4 se describen los resultados obtenidos en el N-urea encontrados en la sangre de los borregos a las 4, 8 y 24 horas posteriores a la ingestión de yucarea. El nivel de N-urea del tratamiento testigo está dentro de los límites esperados. Los tratamientos con la yuca procesada muestran niveles más altos de lo normal durante las primeras ocho horas, lo que corresponde a lo observado por Bartley *et al.*² quienes midieron el N-urea en sangre en bovinos alimentados con dietas a base de sorgo infundiendo urea directamente al rumen en niveles tóxicos y no tóxicos, encontrando que después de seis horas los niveles de urea sanguínea volvían a los límites normales y que no se correlacionaban significativamente con la toxicidad. Estos autores aseguran que la concentración sanguínea

CUADRO 2. CONSUMO PROMEDIO DE $N-NH_3$ POR LA MICROBIOTA RUMINAL DE YUCAREA SOMETIDA A DIFERENTES PROCESOS TERMICOS. PRUEBA *in vitro*.

INCUBACION Minutos ²	Tratamiento Térmico			
	Rolado	Pastillado	Extrusado	Sin procesar
60	0.0685	0.0694	0.1047	0.0216
120	0.1032	0.1006	0.1034	0.0216
180	0.1071	0.1061	0.1051	0.0216
240	0.1080	0.1080	0.1056	0.0216
300	0.1080	0.1080	0.1072	0.0216
360	0.1080	0.1080	0.1080	0.0216

1) Expresados en g/100 ml.

2) Error estándar de la media para tiempo 0.0028.

3) Error estándar de la media para forma física 0.010.

CUADRO 3. REGRESION LINEAL Y COEFICIENTES DE CORRELACION ENTRE EL PROCESO TERMICO-TIEM-PO Y ENTRE PROCESOS TERMICOS. PRUEBA *in vitro*.

VARIABLES	ECUACIONES DE REGRESION	r^2
Rolado vs Tiempo	$Y = 0.08012 + 9.84 \times 10^{-5} X$	0.697 ^a
Pastillado vs Tiempo	$Y = 0.00783 + 1.03 \times 10^{-4} X$	0.760 ^a
Extrusado vs Tiempo	$Y = 0.0830 + 8.44 \times 10^{-5} X$	0.735 ^a
Pastillado vs Rolado	$Y = 3.67 \times 10^{-3} + 0.956 X$	0.993 ^b
Extrusado vs Rolado	$Y = 0.019 + 0.812 X$	0.997 ^b
Extrusado vs Pastillado	$Y = 0.0167 + 0.840 X$	0.995 ^b
Rolado vs Extrusado	$Y = -0.0228 + 1.226 X$	0.997 ^b
Pastillado vs Extrusado	$Y = -0.028 + 1.177 X$	0.995 ^b

a) (P < 0.05)

b) (P < 0.01)

CUADRO 4. CONCENTRACION DE N-UREA (mg/100 ml) EN SUERO SANGUINEO ¹ DE BORREGOS ALIMENTADOS CON YUCAREA SOMETIDA A DIFERENTES PROCESOS TERMICOS Y UNA DIETA TESTIGO. PRUEBA *in vivo*.

HORAS DESPUES DE ALIMENTAR	TRATAMIENTOS TERMICOS			
	Pastillado	Extrusado	Rolado	Testigo
4	26.661 ^b	32.546 ^c	32.416 ^c	21.473 ^a
8	26.021 ^a	31.695 ^b	33.455 ^b	21.526 ^a
24	13.225 ^a	16.016 ^a	15.338 ^a	14.750 ^a
Promedio acumulado	21.969 ^a	26.752 ^b	27.070 ^b	19.250 ^a

a, b, c) Para cada uno de los tiempos, números con letras diferentes son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$)
¹) Error estándar de la media, 0.972.

de N-NH₃ se eleva rápidamente después de infundir la urea y si todo el amonio viajó a través del sistema aporto al hígado el amonio sanguíneo periférico no se elevaría hasta que se rebasara la capacidad hepática para convertir amonio de carga portal a urea. A las 24 horas aunque el extrusado y el rolado mostraron niveles más altos a los mostrados por pastillado y testigo no se detectaron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre tratamientos.

Como era de esperarse las regresiones lineales entre concentración de N-urea y el tiempo fueron altamente significativas: $r^2 = 0.94$, rolado; $r^2 = 0.98$, extrusado; $r^2 = 0.97$, pastillado y $r^2 = 0.96$ sin procesar. Las pendientes; sin embargo, fueron diferentes significativamente ($P < 0.05$) comportándose las del rolado y extrusado diferentes al pastillado y testigo, pero iguales entre sí el pastillado y sin procesar diferentes.

Los análisis histopatológicos de hígado, riñón y pulmón de los animales sacrificados al término del estudio no mostraron evidencia alguna de daño por intoxicación con amonio, al ser comparados con los animales consumiendo la dieta testigo sin urea.

En esta prueba los borregos que reciben la yucarea pastillada mostraron niveles acumulados de N-urea más bajos que los que recibieron la yucarea procesada por rolado y extrusado, siendo indicativo de que

menos amonio estuvo siendo absorbido y convertido a urea. La cercanía de las concentraciones promedio de N-urea sérico entre los grupos testigo y el de yucarea pastillada parecen indicar que la eficiencia de la utilización del nitrógeno fue similar para las dos fuentes.

Los grupos de rolado y extrusado presentaron una concentración mayor ($P < 0.05$) lo que aparentemente indica una menor utilización del nitrógeno de acuerdo con lo descrito por Preston *et al.* ¹⁹, quienes encontraron que la concentración de urea en la sangre es un buen indicador de la adecuación proteica en corderos en crecimiento. Van Soest ²⁰ indica que dado que el nivel de amonio en la sangre tiende a ser más bajo que en el rumen y el nivel de urea en el rumen que en la sangre, el potencial para un reciclamiento constante es alto, particularmente bajo condiciones de sobrealimentación del nitrógeno de la dieta. Un incremento en el consumo de nitrógeno de la dieta está asociado con una entrada mayor de urea mientras que un nivel más alto en sangre está asociado con una mayor excreción urinaria arriba del umbral en la sangre. A medida que el nitrógeno de la dieta se incrementa, la proporción total de urea que es degradada disminuye y para el balance se pierde por orina.

Los resultados indican que aparente-

mente el nitrógeno de urea fue retenido en el rumen, incorporado a la proteína microbiana y posteriormente absorbido por el intestino delgado como aminoácidos y la ausencia de casos de intoxicación parecen demostrar que el hígado de los borregos fue capaz de metabolizar el amonio hidrolizado de la urea de las mezclas estudiadas, a pesar de que los niveles fueron altos 0.61 g de urea/kg de peso vivo. Van Soest²⁶ informa de casos de intoxicación por urea cuando los niveles sanguíneos son superiores 0.5 mg/100 ml. niveles de alrededor de 4 mg/100 ml son letales.

Preston y Lang²⁰ sugieren que cuando el amonio está en alta concentración en el rumen, algo se difunde dentro de la cavidad peritoneal y de ahí va a través de la linfa a la vena yugular así evitando el hígado. Si este es el caso, la eficiencia con la cual el hígado elimina el amonio es menos importante que lo previamente supuesto. Los síntomas neurológicos no son las únicas manifestaciones de toxicidad de urea. Formas moderadas de intoxicación pueden decrecer el crecimiento sin producir signos clínicos obvios.

La eficiente utilización de urea como una fuente de nitrógeno, depende de que haya una fuente adecuada de carbohidratos fermentables para incrementar las necesidades microbianas y lograr la conversión del nitrógeno de la urea en proteína microbiana.

Narasimhalu *et al.*¹⁵ estudiaron niveles medios (0.34) y altos (0.66 g/kg de peso corporal) de urea en raciones para vacas lecheras en producción, en sustitución de pasta de soya y encontraron que el consumo de materia seca no se alteraba aunque la producción de leche alcanzó su máximo a las seis semanas de consumo de las raciones con 0.34 g/kg de peso corporal, a niveles superiores había una depresión en la producción y contenido de grasa en la leche.

Owens *et al.*¹⁸ cubrieron urea con talco, aceite de linaza y de tung con objeto de disminuir la liberación de amonio y en concentrados para becerros la compararon con una dieta proteica, y encontraron que el pico máximo (32 mg/dl) se alcanzaba una hora

postalimentación comparado con la urea sin proteger que mostraba niveles de 53 mg/dl a los 30 minutos. La liberación más lenta de la urea mejoró el consumo de alimento aunque la digestibilidad de la materia seca y la retención de nitrógeno fueron mejores en la dieta que contenía proteína.

Kang-Meznarichy Broderick¹² estudiaron el efecto de sustituir urea por maíz-cascarilla de algodón en dietas para vacas secas, sobre la concentración de amonio ruminal y la formación de proteína bacteriana. Los niveles de N-amonio ruminal se incrementaron al mismo tiempo que los niveles de urea en la dieta (1.3-28.9 mg/100 ml). Sin embargo, el ácido diaminopimélico ruminal (DAP) mostró una interrelación cuadrática con los incrementos de urea hasta que el N-amonio alcanzó 85 mg/100 ml. Las concentraciones de DAP llegaron a una meseta y declinaron en el nivel más alto de urea y amonio ruminal. Las estimaciones de la velocidad de síntesis de proteína microbiana en g/día y rendimientos gramos/100 g de materia seca fermentable siguió una tendencia semejante aunque no significativa.

De los resultados obtenidos en este trabajo puede deducirse que la utilización de yucarea para alimentación animal ofrece una buena alternativa para alimentación de rumiantes, aunque debe tenerse en cuenta su escasa gustocidad. La aplicación de procesos térmicos como el rolado, pastillado, extrusado y otros, deben estudiarse con mayor profundidad para determinar las mejores condiciones para lograr una liberación de amonio que permita un mejor aprovechamiento.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado mediante el apoyo de la Fundación Internacional para la Ciencia (240 M B 20).

Los autores agrdecen a las siguientes personas su participación en la realización del trabajo:

Dr. Francisco Prieto A. y Dr. Armando S. Shimada su asistencia técnica en la realización del trabajo.

Dr. Niger Colorado e Ing. M.C. Juventino Contreras Guillén la donación de la yuca empleada.

Al Departamento de Fisiopatología del CENID-Microbiología los análisis histopatológicos.

SUMMARY

The effects of different thermal processes on ammonia liberation from mixtures of yuca was studied *in vitro* and *in vivo* with sheep. *In vitro* test was designed to measure microbial proteolysis efficiency through ammonia intake from pelleted, rolled, extruded and without processes yuca. Treatments were random distributed on time divided parcels (4 treatments X 6 times X 2 replicates). Results showed an improving on urea utilization when yuca is processed by any of the studied process. Ammonia intake by ruminal microbiota showed statistical differences ($P < 0.05$), 0.0685, 0.0694, 0.0747 vs. 0.0216. $N-NH_3$ g/100 ml, rolled, pelleted, extruded and non-processed, respectively. Effects of thermal process on yuca was studied feeding sheep and measured blood serum N-urea. 12 Suffolk sheep were randomly distributed in 4 treatment with 3 replicates in a factorial design combined process (pelleting, extrusion, rolling and a control without process) with time after intake (4, 8, 14 hrs). Results show that any of the studied process affected serum N/urea at 4, 8 and 24 hrs post feeding ($P < 0.05$). Higher levels were detected with rolled and extruded (27.070, 26.752 vs 21.969, 19.250 n-urea/100 ml blood serum) pelleted and control, respectively. Lineal regressions of N/urea content and time post feeding showed statistical differences ($P < 0.01$) $r^2 = 0.94$ rolled, $r^2 = 0.98$ extruded, $r^2 = 0.97$ pelleted and $r^2 = 0.96$ control. Histopathological analysis of samples of lungs, liver and kidney of the studied animals did not show any differences or any toxic effect due to ammonia. Yuca processed can be used as efficiently as a protein diet to feed ruminants.

LITERATURA CITADA

1. ADEPOJU, A., 1970. Effect of acetohydroxamic acid on urea utilization by ruminants (citado por Heber *et al.*, 1970).
2. BARTLEY, E.E., DAVIDOVICH, A.D., BARR, G.W., GRIFFEL, G.W., DAYTON, A.D., DEYOE, C.W. and BECHTLE, R.M., 1976. Ammonia toxicity in cattle. I. Rumen and blood changes associated with toxicity and treatment methods. *J. Anim. Sci.*, 43(4) 835.
3. CONWAY, 1965. Microdifusion analysis method en Hawk's Physiological Chemistry. Edited by Bernard & Oser McGrawhill Book Co., New York.
4. CHALUPA, W. EVANS, J.L. and STILLIONS, M.C., 1964. Metabolic aspects of urea utilization by ruminants animals. *J. Nutr.*, 84:77.
5. CHANEY, A.L. and MARBACH, E.P., 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clin. Chem.*, 8:130.
6. DUKES, H.H., SWENSON, M.J., 1981. Fisiología de los animales domésticos. Aguilar Editor, S.A., México.
7. HALE, W.H., 1973. Influence of processing on the utilization of grains (starch) by ruminants. *J. Anim. Sci.*, 38:1075.
8. HOLMER, L.G., BARTLEY, E.E. and DEYOE, C.W., 1970a. Feed processing. IV. Comparison of starea, urea and soybean meal as protein sources for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 53:883.
9. HOLMER, L.G., BARTLEY, E.E., DEYOE, C.W., MEYER, B.M. and PFOST, H.B., 1970b. Feed processing. V. Effect of an expansion processed mixture of grain and urea (starea) on nitrogen utilization *in vitro*. *J. Dairy Sci.*, 53:330.
10. HERBERS, L.H., TILLMAN, A.D. and VISEK, W.J., 1962. Effect of barbituric acid on urea diets for ruminants. *J. Anim. Sci.*, 21:754.
11. HOUSTON, J.E., SHELTOBAND, M., BREVER, L.H., 1974. Effect of rate release of urea on its utilization by sheep. *J. Anim. Sci.*, 39:6128.
12. KANG-MEZNARICH, J.H., BRODERICK, G.A., 1981. Effects of incremental urea supplementation on ruminant ammonia concentration and bacterial protein formation. *J. Anim. Sci.*, 51 (2): 422.
13. MINSON, D.J. and MC LEOD, M.N., 1972. The *in vitro* technique it's modification for estimating of large numbers of tropical pasture samples division of tropical pasture. Technique paper No. 8. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Australia.
14. MUHRER, M.E., HARRIS, D.W. and BLOOMFIELD, 1968. A reacted NPN-Carbohydrate complex from urea. *J. Anim. Sci.*, 27:1770.
15. NARASIMHALU, P.R., BELZILE, R.J., BRISSON, G.J. and HOLTMAN, W.B., 1980. Adaptation of lactating cows to rations containing urea. *J. Dairy Sci.*, 63:1264.
16. N.R.C., 1976. Urea and other nonprotein nitrogen compounds in animal nutrition. *National Academy of Sciences*, Washington, D.C., U.S.A.

17. OWEME, I.C., 1978. The tropical tuber crops. *John Wiley and Sons*, New York.
18. OWENS, F.N., LUSLY, K.S., MIZWICKE, K., FORERO, O., 1980. Slow ammonia release from urea: Rumen and metabolism studies. *J. Anim. Sci.*, 59(3):527.
19. PRESTON, R.L.D., SCHANAKENBURG, D. and PFANDER, W.H., 1965. Protein utilization in ruminants. I. Blood urea nitrogen as affected by protein intake. *J. Nutr.*, 85:281.
20. PRESTON, T.R., LENG, R.A., 1987. Matching ruminant production systems with available resources in the tropics and subtropics. *Penambul Books Armidale*, Australia.
21. S.A.R.H., 1984. Estadísticas Agrícolas-Subsecretaría de Ganadería.
22. SCHULTZ, T.A., SCHULTZ, ELENA and CHICCO, C.F., 1972. Pressure cooked urea-cassava meal for lambs consuming low quality hay. *J. Anim. Sci.*, 33(4):865.
23. STEEL, R.G. and TORRIE, J.N., 1982. Bioestadística, Principios y Procedimientos. 2a. Edición *McGraw Hill*, México.
24. STILLES, D.A., BARTLEY, E.E., MEYER, R.M., DEYOE, C.W., PFOST, H.B., 1970. Feed processing. VII. Effect of an expansion processing mixture of grain and urea (Starea) on nitrogen utilization in cattle and urea toxicity. *J. Dairy Sci.*, 53:1436.
25. TEJADA, H.I., BRAMBILA, S., 1969. Valor nutritivo de la harina de yuca para el pollito. *Téc. Pec. Méx.*, 12:5.
26. VAN SOEST, P.M., 1982. Nutritional ecology of the ruminant *O & O Books Inc.*, Corvallis, Oregon, U.S.A.
27. WALDO, D.R., 1973. Extrusion and partition of cereal grain starch digestion in ruminants. *J. Anim. Sci.*, 37:1062.