

EFFECTO DEL TRATAMIENTO SOBRE EL VALOR NUTRITIVO DE LA PAJA TRATADA POR UREA*

EFFECT OF THE TREATMENT ABOUT THE NUTRITIOUS VALUE OF UREA TREATED BARLEY STRAW*

Souza, O.¹, V. Cañeque Martínez² y E. Guía López²

¹Doctor - Zootecnista. Investigador EMBRAPA/Tabuleiro Costeiros-ERP de Rio Largo. CP 2013. Maceió-AL. Brasil.

²Doctor - Ingeniero Agrónomo. Investigador del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias-INIA. José Abascal, 56. Apdo 28003. Madrid. España.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Paja de cebada. Tratamiento. Composición química.

ADDITIONAL KEYWORDS

Barley straw. Treatment. Chemical composition.

RESUMEN

El experimento se ha diseñado, con el fin de determinar el efecto de un tratamiento con urea (6 p.100 de la MS) sobre la composición química y componentes nitrogenados de la paja de cebada, en función del nivel inicial de humedad (20 p.100, 30 p.100 y 40 p.100) y la temperatura de conservación (25°C y 35°C).

El tratamiento afectó fundamentalmente al contenido de FND de la paja, que disminuye en general como consecuencia de una solubilización de la hemicelulosa, que es mayor al aumentar la temperatura del tratamiento y la humedad inicial de la paja, llegando a solubilizarse un 25 p.100 de la hemicelulosa a 35°C y un 40 p.100 de humedad. La fibra ácido detergente también aumenta con la humedad y la temperatura.

El contenido de proteína bruta también fue modificado sustancialmente por los tratamientos,

*El trabajo ha sido realizado dentro del marco del proyecto de la EU titulado *Exploitation of Mediterranean Roughage and by-products* (nº 8001 - CT - 0307).

disminuyendo en todos los casos con la humedad y aumentando con la temperatura, como consecuencia de la transformación de la urea en amoníaco favorecida por ambos factores.

La urea residual ha sido afectada fundamentalmente por la humedad, siendo muy elevada para el 20 p.100 de humedad y haciéndose casi nula para el 40.

Un contenido inicial de humedad elevado (próximo al 40 p.100) es entonces necesario para conseguir que la urea sea hidrolizada en su totalidad, lo que favorece la solubilización de la hemicelulosa. La mejora es aún mayor cuando la hidrólisis se realiza a temperatura elevada (35°C). Estas condiciones son las que dan lugar también a una mayor retención de nitrógeno en función del aportado.

SUMMARY

The experience has been designed with the

Arch. Zootec. 50: 343-353. 2001.

purpose of determining in the barley straw, the effect that a treatment by means of urea (6 percent of the DM) would have on its chemical composition and its component nitrogenous when the conditions of the treatment were varied the initial level of humidity (20 percent, 30 percent and 40 percent) and the conservation temperature (25°C and 35°C).

Regarding the chemical composition the treatment affects fundamentally to the content in FND of the straw that diminishes in general as consequence of a solubility of the hemicelulosa that is bigger as much as adult is the temperature of the treatment and as much as adult is the initial humidity of the straw, arriving to solubility 25 percent of the hemicelulosa for the barley straw to 35°C and 40 percent of humidity.

The content in gross protein is the other component that is modified substantially by the treatments, diminishing in all the cases with the humidity and increasing with the temperature like consequence of the transformation of the urea in ammonia that is favored by both factors.

The fiber acid detergent, increases with the humidity and with the temperature, being reached the values but high for 40 percent of humidity and for both temperatures.

The effect on the fraction nitrogenous depends fundamentally on the urea that has reacted under the different conditions of the treatment. The residual urea has been affected fundamentally by the humidity, being very high for 20 percent of humidity and being made almost null for 40 percent. The temperature has a very small effect although when being increased makes increase the urea for the barley straw.

A high initial content of humidity (next to 40 percent) it is then necessary to get that the urea is hidrolized in its entirety what favors the solubility of the hemicelulasa improving the digestibility. The improvement is even bigger when the hidrolise is carried out to high temperature (35°C). These conditions are those that also give place to a bigger nitrogen retention in function of the one contributed.

INTRODUCCIÓN

Pajas y otros subproductos fibrosos son producidos inevitablemente ligados a diversos cultivos, en especial a los cereales. Son cosechados en función de la maduración de los granos y no por su valor nutritivo. Como consecuencia, el proceso de lignificación, que acompaña a dicha maduración, es considerado más avanzado que en plantas que son cosechadas antes de producir granos o en aquellas que son cultivadas exclusivamente para la alimentación animal.

La composición química, así como el valor nutritivo de las pajas, dependen de varios factores. El grado de maduración de la planta es el primero pues, la mayoría de los nutrientes pasan a los frutos, mientras pocos nutrientes permanecen en las demás partes de la planta (Anderson y Anderson, 1980). Si por cualquier motivo, este ciclo es interrumpido, el contenido de proteína bruta de las pajas es mayor que el normal. Otros factores que pueden afectar a la composición química y al valor nutritivo de las pajas, son la fertilización del suelo y las condiciones climáticas (Jackson, 1978; Nicholson, 1984; Ørskov *et al.*, 1990).

Muchos estudios se realizaron con pajas de cereales con el fin de aumentar la fracción de los hidratos de carbonos estructurales fibrosos utilizables por la población microbiana del rumen. Estos procesos según Dias-da Silva (1988a) tienen por base dos mecanismos: 1-Ruptura de las uniones químicas dentro de la pared celular (en especial a la hemicelulosa). 2-Hidrólisis de los glúcidos de la pared celular sepa-

TRATAMIENTO DE LA PAJA CON UREA

rándolos de la matriz lignificada.

El trabajo tuvo como finalidad estudiar que efecto tenían tres niveles de humedad y dos temperaturas, sobre la composición química y los componentes nitrogenados de la paja de cebada.

MATERIAL Y MÉTODOS

TRATAMIENTOS

Se utilizó paja de cebada, completamente madura, tras la cosecha de los granos procedentes de la Finca Experimental *La Poveda*, del C.S.I.C/INIA; su composición química se indica en la **tabla I**. Previamente a su tratamiento con urea, la paja ha sido picada con el fin de obtener un producto final de 2-4 cm de longitud.

El tratamiento de la paja se llevó a cabo con urea comercial que contenía un 46 p.100 de riqueza en nitrógeno. Antes de la pulverización, se preparó

la solución de urea con la cantidad de agua necesaria para conseguir niveles de humedad del 20, 30 y 40 p.100, de forma que se aportase una cantidad de urea del 6 p.100 de la MS de la paja.

El tratamiento consistió en pulverizar la paja debidamente picada, con el nivel de agua correspondiente a cada tratamiento. La pulverización se hizo manualmente y de modo uniforme, de manera que la cantidad de la solución, pudiera ser distribuida por igual en todos los tratamientos.

Una vez realizado el tratamiento, de 4,5 kg de paja, ésta se introdujo manualmente en botes de plástico de 30 litros de capacidad con doble cierre. Tres repeticiones de cada tratamiento de humedad se incubaron a 20°C y otras tres a 35°C. Pasados los 40 días de incubación en las cámaras de temperatura controlada, los botes fueron retirados, abiertos y su contenido mezclado manualmente para la toma de muestras uniformes. Una pequeña

Tabla I. Valores medios de la composición química de la paja de cebada tratada con urea según el efecto de la humedad y de la temperatura (p.100 de la MS). (Mean values (percent of DM) chemical composition of barley straw treated with urea under the effect of humidity and temperature).

Componentes de la paja	20°C			35°C			Paja sin tratar*
	20 p.100	30 p.100	40 p.100	20 p.100	30 p.100	40 p.100	
FND	69,34 ^a	70,08 ^a	70,32 ^a	69,06 ^{ba}	68,35 ^b	66,57 ^c	71,31 ^d
FAD	42,12 ^{abc}	42,87 ^{abc}	43,84 ^c	40,25 ^a	43,04 ^{bc}	43,83 ^c	41,11 ^{ab}
LAD	6,58	6,36	6,40	5,80	6,13	6,52	5,93
Proteína bruta	21,26 ^a	14,68 ^b	11,75 ^c	22,87 ^d	18,87 ^e	14,71 ^f	5,88 ^g
N-FND	1,83 ^a	1,84 ^a	2,05 ^b	2,30 ^c	2,05 ^b	1,92 ^a	1,60 ^d
N-FAD	0,82 ^a	0,88 ^a	0,90 ^b	0,98 ^c	1,00 ^c	1,14 ^d	0,7 ^e

Para cada variable, medias con distinta letra son significativamente diferentes ($p < 0,01$).

*MS 86,92; MO 88,22.

parte de la muestra fue retirada para la determinación de la materia seca a 105°C durante 24 horas. La mayor parte de la muestra fue colocada en cámara (40°C durante 48 horas), para su secado.

Las muestras fueron molidas en un molino Fritch Pulverisette 15, utilizando un tamiz de malla de 1 mm, con vistas a la realización de los análisis químicos.

Análisis realizados

En la paja experimental se han analizado antes y después del tratamiento los siguientes compuestos:

-Composición química. Materia seca, por desecación en estufa 105°C, durante un período de 24 horas, proteína bruta (N total x 6,25) por el método Kjeldahl, materia orgánica, obtenida en horno de mufla a 550°C durante 3 horas, la fibra neutro detergente, fibra ácido detergente y lignina ácido detergente, por el método de Goering y Van Soest (1970).

-Componentes nitrogenados. Se han determinado en la paja tratada: Urea residual, nitrógeno retenido, nitrógeno total (método del Diario Oficial de las Comunidades europeas n°L 279/7 (1977), nitrógeno soluble, nitrógeno amoniacal, nitrógeno insoluble y dentro de éste el soluble en detergentes neutros y el insoluble en detergentes neutros, todos los métodos oficiales europeos; finalmente se ha determinado la ureólisis.

Análisis estadísticos

Los resultados han sido sometidos a un análisis de varianza según el modelo:

$$y = m + H_{i(1..3)} + T_{j(1..2)} + HT_{ij} + e_{k(1..3)(ij)}$$

donde:

m = la media general; H_i = el efecto de la humedad; T_j = el efecto de la temperatura; HT_{ij} = la interacción humedad por temperatura; $e_{k(ij)}$ = el error.

Para el análisis estadístico se ha utilizado el procedimiento ANOVA/MANOVA del programa STATISTICA (1993).

Para los parámetros en que existen datos para la paja testigo sin tratar, como ocurre para la composición química y con el fin de comparar los efectos de los tratamientos con los valores iniciales de la paja testigo, se ha utilizado el siguiente modelo:

$$y = m + M_{i(1..6+1)} + e_{ij(1..3)}$$

donde:

M_i son las distintas combinaciones de humedad x temperatura utilizadas a las que se añade, para su comparación, la paja testigo.

Se han contemplado simultáneamente tres tipos de comparaciones:

- Dentro de cada temperatura, humedades crecientes.
- Para cada humedad, temperaturas crecientes.
- Las diferencias entre medias han sido analizadas por el método de Newman-Keuls.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

EFFECTO SOBRE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA

En la **tabla I** aparecen los valores medios y la comparación entre los mismos para los parámetros indicados según los diferentes factores de variación.

Si consideramos la evolución para

TRATAMIENTO DE LA PAJA CON UREA

Tabla II. Efecto del contenido de humedad de la paja sobre su concentración de FAD después del tratamiento con urea (p.100 de la MS). (Effect of humidity content of the barley straw on the FAD concentration (percent of DM)).

Humedad	Media
20 p.100	41,18 ^a
30 p.100	42,96 ^b
40 p.100	43,84 ^{bc}

Medias con distinta letra son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

cada temperatura (**tabla I**), encontramos que la variación en el contenido de FND es positiva y pequeña al pasar de 20 a 40 p.100 de humedad para los 20°C y en cambio se produce una disminución importante entre estas humedades para los 35°C.

Si comparamos los datos de la FND en la paja de cebada tratada y sin tratar (**tabla II**), encontramos que los tratamientos producen una disminución, en general, de la misma, que ha sido más importante ($p \leq 0,01$) para 35°C y 40 p.100 de humedad.

Existe un efecto claro de la humedad sobre la fibra ácido detergente ($p \leq 0,001$), indicándose en la **tabla II** que a medida que aumenta la humedad de la paja, aumenta de forma significativa ($p \leq 0,05$) la FAD.

Los tratamientos realizados no presentan ningún efecto significativo sobre el contenido en lignina de la paja, aunque tiende a disminuir al aumentar la humedad para los 20°C y por el contrario a aumentar para 35°C. No existen diferencias significativas en-

tre el contenido en lignina de la paja sin tratar y el de los diferentes tratamientos.

El nivel de proteína bruta es siempre más elevado para el 20 p.100 de humedad y menor para el 40 p.100 (**tabla I**, aumentando en todos los casos al pasar de 20°C a 35°C. El nivel proteico se mantiene siempre inferior para los 20°C que para los 35°C. Cuando aumenta la humedad, disminuye la proteína bruta y por el contrario al aumentar la temperatura se incrementa también el contenido de proteína bruta.

En la **tabla I** aparecen los valores medios alcanzados para la proteína bruta de la paja de cebada para los distintos tratamientos, observándose diferencias significativas tanto por efecto de la humedad ($p \leq 0,001$) como por la temperatura ($p \leq 0,01$), siendo además los valores de la paja tratada diferentes también significativamente del valor de la paja sin tratar ($p \leq 0,001$). Los valores más elevados se han encontrado para un 20 p.100 de humedad en ambas temperaturas.

Si comparamos el valor del nitrógeno ligado a la FND en la paja tratada y sin tratar (**tabla I**), observamos que éste es siempre inferior ($p \leq 0,001$), siendo el valor más elevado el correspondiente al tratamiento de 20 p.100 de humedad y 35°C.

En la **tabla III**, se muestra un efecto significativo ($p \leq 0,001$) tanto de la humedad como de la temperatura sobre el nitrógeno ligado a la FAD.

Se observa que al aumentar la humedad de 20 p.100 ó 30 p.100 al 40 p.100 hay un aumento significativo ($p \leq 0,05$) del nitrógeno ligado a la fibra ácido, que tiene lugar tanto para 20°C

Tabla III. Efecto de la humedad (p.100) y de la temperatura sobre el contenido de N-FAD de la paja de cebada tratada con urea (N x 6,25 en p.100 de la MS). (Effect of humidity and temperature of barley straw treated with urea on the N-FAD content (N x 6.25; percent of DM)).

Humedad			Temperatura	
20	30	40	20°C	35°C
0,89 ^a	0,94 ^a	1,02 ^b	0,86 ^a	1,04 ^b

Medias con distinta letra son significativamente diferentes ($p \leq 0,001$).

como para 35°C (**tabla III**). Con la temperatura tiene lugar un aumento semejante.

En todos los casos se ha producido un aumento ($p \leq 0,001$) en el contenido de N-FAD en relación con el existente en la paja sin tratar, encontrándose el mayor valor para 35°C y un 40 p.100 de humedad.

Los resultados obtenidos indican que en la paja de cebada, tiene lugar por efecto de los tratamientos, una disminución en el contenido de FND, en comparación con la paja testigo, debido a una solubilización parcial de la hemicelulosa (**tabla IV**).

El óptimo de solubilización de las hemicelulosas se alcanza para niveles de humedad elevados, siendo el máximo del 24,6 p.100 para la paja de cebada, para una humedad del 40 p.100 y 35°C de temperatura. En efecto, las paredes responden mejor a los tratamientos por urea con humedad elevada, ya que el agua hincha las paredes.

Estos resultados concuerdan con los encontrados por otros autores respecto del efecto del contenido de humedad, que al aumentar, incrementa la degradación de la hemicelulosa, dado que el aumento del contenido de humedad favorece la ureólisis (Kernan *et al.*, 1982; Van Soest *et al.*, 1984; Dias da Silva y Sundstol, 1986; Dias-da Silva *et al.*, 1988; Hadjipanayotou, 1982;

Tabla IV. Valores medios del contenido de celulosa y hemicelulosa (en p.100 de la MS) y de la solubilización de ésta con relación a su concentración en las pajas sin tratar. (Mean values of the concentration of cellulose and hemicelulose contents and its solubilization in barley straw without treatment (percent of DM)).

temperatura humedad	20°C			35°C			Paja sin tratar
	20 p.100	30 p.100	40 p.100	20 p.100	30 p.100	40 p.100	
Paja de cebada:							
Hemicelulosa	27,22 ^a	27,21 ^a	26,47 ^a	28,81 ^{ac}	25,31 ^a	22,74 ^b	30,19 ^{dc}
Solubilizada total	2,97	2,98	4,99	1,37	4,88	7,45	
Solubilizada en							
p.100 inicial	9,83	9,84	16,5	4,5	16,2	24,6	
Celulosa	35,53 ^{ad}	36,51 ^a	37,66 ^a	34,45 ^{bd}	36,78 ^{ca}	37,42 ^{ca}	35,18 ^{ab}

Para cada variable, medias con distintas letras indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

TRATAMIENTO DE LA PAJA CON UREA

Tabla V. Valores medios (en p.100 de la MS) de los componentes nitrogenados de la paja de cebada tratada con urea según el efecto de la humedad y de la temperatura. (Mean values of nitrogen content of barley straw treated with urea under humidity and temperature effects (percent of DM)).

temperatura humedad	20°C			35°C		
	20 p.100	30 p.100	40 p.100	20 p.100	30 p.100	40 p.100
N inicial	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
N aportado	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20
N urea residual	1,16 ^a	0,38 ^b	0,09 ^c	1,23 ^b	0,54 ^d	0,08 ^{ec}
N retenido	1,29 ^a	1,02 ^b	0,85 ^c	1,48 ^d	1,53 ^d	1,32 ^e
(en p.100 aportado)	40,60 ^a	32,04 ^b	26,57 ^c	46,33 ^d	47,92 ^d	41,50
N total	3,40	2,35	1,88	3,65	3,02	2,35
- N soluble	2,73 ^a	1,63 ^b	0,91 ^c	2,98 ^d	2,05 ^e	1,27 ^f
(en p.100 total)	80,22 ^a	69,62 ^b	48,74 ^c	81,55 ^{ad}	67,88 ^{be}	54,23 ^f
* N amoniacal	0,154 ^a	0,468 ^b	0,547 ^c	0,239 ^d	0,659 ^e	0,819 ^f
* N no amoniacal	2,57 ^a	1,16 ^b	0,37 ^c	2,74 ^d	1,39 ^e	0,46 ^f
- N insoluble	0,67 ^a	0,71 ^a	0,96 ^b	0,68 ^c	0,97 ^d	1,08 ^{be}
(en p.100 total)	19,7 ^a	30,37 ^b	51,25 ^c	18,44 ^{ad}	32,11 ^{be}	45,76 ^f
* N soluble en detergente	0,38 ^a	0,42 ^a	0,63 ^b	0,31 ^a	0,64 ^b	0,77 ^b
* N insoluble en detergente	0,29 ^a	0,29 ^a	0,32 ^b	0,37 ^b	0,33 ^b	0,30 ^a

Para cada variable, medias con distintas letras indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

Hassoun *et al.*, 1990) y por lo tanto el efecto del tratamiento, ya que la amonización es más rápida y efectiva. Cloete *et al.* (1983).

El efecto beneficioso de la temperatura, en especial para niveles altos de humedad, ha sido también encontrado por otros autores, como Cloete y Kritzinger (1983), Alibes *et al.* (1984), los cuales indican una interacción de humedad por temperatura como consecuencia de una mayor cantidad de urea hidrolizada a altas humedades y temperaturas

EFFECTO SOBRE LOS COMPONENTES NITROGENADOS

Si consideramos los valores medios de urea residual (**tabla V**) se

observa que para ambas temperaturas se produce un descenso rápido ($p \leq 0,001$) del contenido de urea de la paja, al pasar del 20 p.100 al 30 p.100 de humedad, y más lento, pero también significativo, al pasar a un 40 p.100 de humedad. Existen también diferencias ($p \leq 0,05$) entre la urea residual del 20 p.100 y 30 p.100 de humedad para 20°C y para 35°C.

El nitrógeno retenido está afectado por la interacción de humedad por temperatura, de forma que aunque aumenta siempre al hacerlo la temperatura, este incremento es mas lento para 20 p.100 de humedad que para 30 p.100 ó 40 p.100. Al aumentar la humedad se reduce en cambio este nitrógeno, siendo mas acusada para 20°C que para

35°C, ya que en este caso la reducción es escasa presentando una mayor retención, tanto en valor absoluto como en p.100 del nitrógeno aportado, que en este caso es siempre superior al 40 p.100.

El nitrógeno soluble está afectado significativamente ($p \leq 0,001$) por la humedad y por la temperatura presentándose los valores medios en la **tabla VI**. Se observa que al aumentar la humedad existe un aumento del nitrógeno soluble siendo significativas las diferencias ($p \leq 0,001$) entre los tres valores de la humedad. En el caso de la temperatura existe también un aumento del nitrógeno soluble al aumentar aquella ($p \leq 0,001$).

Si expresamos los datos de nitrógeno soluble en p.100 del total, observamos que es la humedad la que presenta un mayor efecto ($p \leq 0,001$) y no afecta la temperatura. Los valores más elevados se presentan para un 20 p.100 de humedad (próximo al 80 p.100) y los más bajos corresponden al 40 p.100 de humedad (próximos al 50 p.100).

Para el nitrógeno no amoniacal los resultados están afectados por la hu-

medad ($p \leq 0,001$) y por la temperatura ($p \leq 0,01$) como se indica en la **tabla VI**. Observándose diferencias significativas ($p \leq 0,001$) al aumentar la humedad entre los tres valores de ésta, con disminución del contenido en nitrógeno no amoniacal. El incremento de temperatura por el contrario hace aumentar el nitrógeno amoniacal ($p \leq 0,01$).

El contenido de nitrógeno insoluble está fundamentalmente afectado por la humedad ($p \leq 0,001$) y por la temperatura ($p \leq 0,01$), como se indica en el **tabla VI**. Los valores medios se indican en la **tabla VI**, observándose un aumento de este nitrógeno insoluble al aumentar el contenido en humedad siendo las diferencias significativas para los tres valores de esta ($p \leq 0,001$). Respecto al efecto de la temperatura, al aumentar ésta, aumenta el nitrógeno insoluble ($p \leq 0,01$).

Si observamos la comparación de medias entre los tratamientos realizados (**tabla VI**), se han encontrado diferencias significativas ($p \leq 0,001$) para los valores del nitrógeno insoluble al aumentar la humedad del 20 ó 30 p.100

Tabla VI. Efecto de la humedad y temperatura sobre algunas fracciones de N en la paja de cebada tratada con urea (en p.100 de la MS). (Effect of humidity and temperature on nitrogen fractions of barley straw treated with urea (percent of DM)).

	Humedad			Temperatura	
	20	30	40	20°C	35°C
N soluble	2,85 ^a	1,84 ^b	1,09 ^c	1,75 ^a	2,1 ^b
N no amoniacal	2,66 ^a	1,27 ^b	0,41 ^c	1,37 ^a	1,53 ^b
N insoluble	0,67 ^a	0,84 ^b	1,02 ^c	0,78 ^a	0,91 ^b

Medias con distinto superíndice son significativamente diferentes ($p \leq 0,001$).

TRATAMIENTO DE LA PAJA CON UREA

Tabla VII. Valores medios de la ureolisis producida en las pajas tratadas por urea según el efecto de la humedad y de la temperatura. (Mean values of ureolisis in barley straw treated with urea under humidity and temperature effects).

	20 p.100 H	30 p.100 H	40 p.100 H
20°C	21,20 ^a	74,02 ^b	94,06 ^{cd}
35°C	15,90 ^a	62,91 ^c	88,85 ^d

En cada nivel de humedad, medias con distintas letras indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

al 40 p.100 para 20°C y entre todos los valores de humedad para 35°C.

Si el nitrógeno insoluble se expresa en p.100 del total, se observa un claro efecto de la humedad ($p \leq 0,001$), que hace pasar esta proporción del 19,7 p.100 al 51 p.100 para 20°C y del 18,4 p.100 al 45,7 para 35°C, no encontrándose efecto de la temperatura.

En términos de ureolisis los resultados vienen reflejados en la **tabla VII**. Se observa como la degradación de la urea es acelerada por el aumento de humedad, en especial al pasar del 20 p.100 al 30 p.100.

Diversos autores (Williams *et al.*, 1984 a,b; Chermiti *et al.*, 1987, 1989; Dias da Silva, 1988a; Sahnoune, 1990; Dihaj, 1995; Sundstol, 1988; Souza, 2001) han confirmado que la degradación de urea en amoníaco es acelerada por el aumento de la humedad. Un aporte superior al 40 p.100 puede impedir la difusión del amoníaco impidiendo la fijación del nitrógeno (Chenost, 1994).

Muñoz *et al.* (1991) también indican que para el 40 p.100 de humedad tiene lugar una ureólisis total y con el

20 p.100 sólo se produce un 30-50 p.100. Para estos autores, el óptimo estaría no obstante entre el 20 y el 30 p.100. Ibrahim *et al.* (1986), también señalan un óptimo de humedad del 30 p.100. Souza (2000, 2001) indica un 40 p.100, como el óptimo.

El nitrógeno total está claramente afectado, para la humedad y para la temperatura. Los valores más elevados son para el 20 p.100 de humedad disminuyendo al aumentar ésta, debido esencialmente a la desaparición de la urea residual. El aumento de la temperatura contribuye aún más al aumentar el nitrógeno total, como también han encontrado Muñoz *et al.* (1991); Cloete *et al.*, (1983), también indican que la pérdida de nitrógeno total a 35°C fue pequeña comparada con la que tuvo lugar a 24°C, ello puede ser debido al más bajo índice de conversión de urea a amoníaco a 35°C, que puede ser causado por un descenso de la actividad de la ureasa a esa temperatura.

Aunque los valores encontrados para la retención de nitrógeno oscilan según diversos autores (Joy, 1991) pero en general podemos decir que se encuentran dentro de los límites obtenidos en este trabajo.

CONCLUSIONES

En las condiciones que se ha desarrollado el trabajo, nos ha permitido decir, que ocurre una solubilización parcial de la hemicelulosa, alcanzándose valores del 25 p.100, cuando el tratamiento se realiza con un 40 p.100 de humedad y la temperatura de conservación es de 35°C. En relación a

los efectos de la humedad y de la temperatura sobre la fracción nitrogenada, la combinación de 40 p.100 de agua y una temperatura de conservación de 35°C, determina los mejores resultados, pues aunque el nitrógeno total y soluble son algo inferiores a los del 30 p.100 de humedad el nitrógeno

retenido presenta los mayores valores, indicando una mayor eficiencia del tratamiento a pesar de la inevitable pérdida de amoníaco en forma de gas. Por lo tanto, se indica un nivel de 40 p.100 de humedad y temperatura de 35°C como el mejor tratamiento con urea para la paja de cebada.

BIBLIOGRAFÍA

- Alibés, X., F. Muñoz and R. Faci. 1984. Anidrous ammonia treated cereal straw for animal feeding. Some results from the mediterranean area. *Animal Feed Science and Technology*, 10: 239-246.
- Anderson, A.W. and J.F. Anderson. 1980. On finding a use for straw. In: Utilization and recycle of agricultural wastes and residues. Eds: SHULER, M. L. CRC. Press, Boca Raton, Florida, p. 237-272.
- Chermit, A., A. Nefzaoui et R. Cordesse. 1987. Valeur alimentaire de la paille traitée à l'urée et son utilization par les ovins en croissance., *Ann. Zootech.*, 38: 63-72.
- Chermit, A., A. Nefzaoui et R. Cordesse. 1989. Paramètres d'uréolyse et digestibilité de la paille traitée a l'urée. *Ann. Zootech.*, 38: 63-72.
- Cloete, S.W.P., T.T. De Villiers and N.M. Kritzinger. 1983. The effect of temperature on the ammoniation of wheat straw by urea. *South Africa Journal of Animal Science*, 13: 202-203.
- Dias da Silva, A. 1988. O projeto de valorização energética dos alimentos fibrosos na UTAD: Situação actual e perspectivas. *Anais UTAD*, p. 265-283.
- Dihaj, F. 1995. Amelioration des caracteristiques nutritionnelles des pailles par le traitement a l'uree. In: Influence de l'humidite de la duree du traitement et de l'apport d'une source d'urease. Tesis Master. Universidad de Zaragoza. 104 p.
- Hadjipanayiotou, M. 1982. The effect of ammoniation using urea on the intake and nutritive value of chopped barley straw. *Grass and Forage Science*, 37: 89-93.
- Hassoun, P., F. Geoffroy, G. Saminadin, P. Prior and M. Beramis. 1990. Estudios on the ammoniation of sugar-cane bagasse by urea. Effect of moisture, urea levels, urease source and treatment periods on composition, *in vitro* dry matter digestibility and evolution of ureolytic bacteria. *Animal Feed Science and technology*, 29: 113-129.
- Ibrahim, M.N.M., J.B. Schiere and H.G.D. Perera. 1986. Effect of method of urea solution application on the nutritive value of treated rice straw. *Agric. wastes.*, 18: 225-232.
- Jackson, M.G. 1978. Tratamiento de la paja para la alimentación animal. *Revista. Mundial de Zootecnia*, 28: 38-43.
- Joy, M.T. 1991. Mejora del valor nutritivo de la paja de cereal mediante el tratamiento quimico con urea. Universidad Autonoma de Barcelona. Facultad de Veterinaria. Tesis Doctoral, p. 175 .
- Kernan, J.A., E.W. Coxworth and J.E. Knipfel. 1982. The response of Neepawa wheat straw to ammonia as affected by time, temperature, moisture and ammonia concentration. *Canada Journal of Animal Science*, 59: 511-517.
- Mascarenhas-Ferreira, A., C.V.M. Guedes and A. Dias da Silva. 1975. Effect of urea treatment on chemical composition and *in vitro* digestibility of meadow hays of Northern Por-

TRATAMIENTO DE LA PAJA CON UREA

- tugal. *Animal Feed Science and Technology*, 25: 157-16.
- Muñoz, F., M. Joy, R. Faci and X. Alibés. 1991. Treatment of ligno-cellulosic residues with urea. Influence of dosage, moisture, temperature and addition of ureases. *Ann. Zootech.*, 40: 215-225.
- Nicholson, J.V.R.G. 1984. Digestibility, nutritive value and feed intake. In: Straw and other fibrous by-products as feed. F. Sundstol y Owen (Eds.), Elsevier, Amsterdam, London and New York, pp. 304-367.
- Sahnoune, S. 1990. Le traitement des pailles à l'ammoniac produits par hydrolyse de l'urée. Thèse de Doctorat d'Université, UFR Science Clermont, p.104.
- Solaiman, S.G., G.W. Horn and F.N. Owens. 1990. Ammonium hydroxide treatment on wheat straw. *Journal of Animal Science*, 49: 802-808.
- Souza, O. 2000. Tratamento químico de resíduos agropecuários com solução de uréia. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, p. 55 (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Circular Técnica, 18).
- Souza, O. 2001. Tratamento de subprodutos e resíduos agropecuários com solução de uréia. Livraria e Editora Agropecuária. Guaíba.p. 102.
- Sundstol, F. 1988. Improvement for poor quality forages and roughages. In: *World Animal Science, Disciplinary Approach Feed Science*, p. 257-273.
- Wanapat, M., F. Sundstol and T.H. Garmo. 1980. A comparison of alkali treatment methods to improve the nutritive value of straw. I. digestibility and metabolizability. *Animal Feed Science and Technology*. 12: 295-309.
- Williams, P.E.V., G.M. Innes and A. Brewer. 1984 a. Ammonia treatment of straw via the hydrolysis of urea. I. effects of dry matter and urea concentrations on the rate of hydrolysis of urea. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 11: 103-114.
- Williams, P.E.V., G.M. Innes and A. Brewer. 1984 b. Ammonia treatment of straw via the hydrolysis of urea. II. Additions of soya bean (urease), sodium hydroxide and molasses; effects on the digestibility of urea-treated straw. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 11: 115-124.

Recibido: 6-11-00. Aceptado: 8-6-01.

Archivos de zootecnia vol. 50, núm. 191, p. 353.