

Efectos del premarchitamiento de la alfalfa en el campo sobre su valor nutritivo

ADOLFO AMELLA

Instituto de Economía y Producciones Ganaderas del Ebro. C.S.I.C. Zaragoza

RESUMEN

Proceder a premarchitar la alfalfa en el campo antes de su deshidratación puede dar lugar a considerable ahorro de combustible, proporcionando un producto alimenticio cuyo valor nutritivo es prácticamente igual al de la harina de alfalfa deshidratada convencional, en alimentación de rumiantes y porcino. En raciones en que se requiera pigmentación la harina de alfalfa debe ser comprada en base a su contenido en xantofilas.

INTRODUCCIÓN

Aunque la mayor parte de la alfalfa producida tanto en España como en Estados Unidos de América se henifica, se producen también unas 230.000 Tm. de harina de alfalfa deshidratada en España y alrededor de 1,5 millones de Tm. en U.S.A. Es conocido que durante la henificación tienen lugar pérdidas del orden del 20 % de materia seca y que, en condiciones adversas, pueden llegar al 50 %. La deshidratación industrial elimina prácticamente estas pérdidas. La escasez actual y futura de energía obliga a plantear un ahorro de combustible durante el proceso de deshidratación industrial de la alfalfa por medio de un predesecado parcial en el campo (*wilting*).

Algunas empresas de deshidratación canadienses y norteamericanas han utilizado ya este sistema como medio de ahorro de combustible con éxito considerable. Otras, sin embargo, tras ensayos preliminares, no han adoptado el método, debido fundamentalmente a dificultades técnicas tanto en la deshidratación como en la manipulación de la alfalfa en el campo, así como por temor a posibles mermas del valor nutritivo del producto.

Este artículo presenta una parte del trabajo realizado por el autor en el Western Regional Research Laboratory, del United States Department of Agriculture, de Berkeley (California), en colaboración con los doctores G.O. KOHLER, A.L. LIVINSTON y R.E. KNOWLES.

ISRAELSEN (5), en Dinamarca, daba cuenta de un 10 % de pérdidas en caroteno y alfa-tocoferol dejando predesechar la alfalfa en el campo durante veinticuatro horas, consiguiendo muy pequeños incrementos en materia seca. Concluía que el método no era rentable debido a los costes adicionales de manipulación en el campo. Pero ello era debido a la climatología adversa en que hubo de hacer los ensayos, por lo que la disminución de la humedad de la alfalfa era muy pequeña aún en veinticuatro horas. Por otra parte, los enormes incrementos en los costes de deshidratación debidos al aumento de precio de los combustibles dejan sin validez ya aquella conclusión.

TAYLOR (22), en Inglaterra, llegaba a conclusiones similares, pues la climatología de la zona no era adecuada tampoco para esta técnica.

MILLER et al. (11), MURDOCK et al. (13), NASH (14), NEWLANDER et al. (15) y NORDFELT (16) han puesto de manifiesto que si se deseca parcialmente la alfalfa en el campo antes de ensilarla, el ensilado tiene una calidad superior al convencional. La técnica del premarchitamiento es ampliamente empleada en U.S.A. cuando se trata de ensilar la alfalfa.

Dado que la alfalfa deshidratada es de superior calidad que el heno, sobre todo en lo que concierne a vitaminas, carotinoides y menores pérdidas en materia seca, y dado también que el predesechado puede disminuir considerablemente los gastos de combustible, hace que se plantee el estudio de los cambios en valor nutritivo de la alfalfa después de secarla parcialmente en el campo. A tal fin se realizaron ensayos en las dos más importantes zonas productoras de alfalfa de U.S.A. (California y Kansas), tendentes a averiguar las posibles pérdidas, a escala comercial, tanto por el predesechado como por la deshidratación industrial subsiguiente.

PARTE EXPERIMENTAL

Se procedió, en primer lugar, a un estudio previo a escala de laboratorio que nos fuera indicativo para los trabajos de campo. Tal estudio se llevó a cabo en un recinto climatizado o Fitotrón, en el que se introducían unos 20 Kg. de alfalfa fresca, colocándola en forma de hileras (simulando las que se hacen en el campo), manteniéndolas hasta un máximo de seis horas en condiciones de temperatura, humedad relativa, intensidad de luz y velocidad del aire fijas. Se tomaban muestras por duplicado (sobre 1 Kg.) al cabo de una, dos, cuatro y seis horas de permanencia en la cámara, procediéndose a la determinación de materia seca y a liofilizar el resto para proceder a los análisis oportunos. Fueron cuatro los ensayos realizados en el Fitotrón en las condiciones que se describen en la tabla 1. Los llamaremos PHY-1, PHY-2, PHY-3 y PHY-4. En las cuatro experiencias se estudiaron también los posibles efectos del etoxiquin añadido en spray a la alfalfa fresca [KNOWLES et al. (6, 7)] como preservador de carotinoides, así como las posibles ventajas del machacado de los tallos de la alfalfa (*crimping*) sobre la velocidad de secado de ésta [PRIEPKE et al. (19)]. En este trabajo, no obstante, no se incluyen los resultados de estos ensayos. Se procedió asimismo a separar manualmente las hojas y tallos de una porción de cada muestra con objeto de analizarlos separadamente una vez liofilizadas ambas partes, previa determinación de humedad.

TABLA NUM. 1

CONDICIONES CLIMATOLOGICAS EN QUE SE DESARROLLAN LOS ENSAYOS

| ENSAYO | Temperatura °C | Humedad relativa % | Intensidad luminosa (lux) | Velocidad del viento (Km./h.) | |
|--------|-------------------|--------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------|
| | | | | Media | Rachas |
| PHY-1 | 29 | 60 | 13.000 | 2 | |
| PHY-2 | 29 | 75 | 13.000 | 2 | |
| PHY-3 | 21 | 60 | 13.000 | 2 | |
| PHY-4 | 21 | 75 | 13.000 | 2 | |
| Cal-1 | 29/35 | 55/65 | 5.000/15.000 | 7 | 30 |
| Kan-1 | 25/33 | 55/66 | 5.000/15.000 | 12 | 50 |
| Kan-2 | 25/33 | 50/70 | 5.000/15.000 | 12 | 50 |
| Kan-3 | 31/39 | 40/53 | 5.000/15.000 | 10 | 30 |
| Kan-4 | 29/36 | 45/58 | 5.000/15.000 | 10 | 30 |

El primer ensayo a escala comercial (Cal-1) fue realizado, en un campo próximo a la planta de deshidratación, en Dixon, California. Se eligió una zona rectangular de un campo en la que la alfalfa presentaba homogeneidad. La alfalfa era de variedad *Labonton*, 10 % en floración, del cuarto corte, que fue cortada y extendida en hileras de unos 75 cm. de ancho y unos 18 cm. de espesor. Los extremos del rectángulo fueron segados y recogidos directamente para control. De la alfalfa picada que se cargaba en los camiones para su transporte a la deshidratadora se recogían muestras para proceder a la determinación de sustancia seca y para liofilizarlas, de forma que su análisis sirviera de control o testigo. La alfalfa era deshidratada en un sistema Stearns-Roger, obteniendo harina de dos niveles de humedad: 9 y 12 %.

En Wichita, Kansas, se llevaron a cabo cuatro ensayos de mayor amplitud que el anterior, manipulando unos 400.000 Kg. de alfalfa fresca. Los denominaremos: Kan-1, Kan-2, Kan-3 y Kan-4. Los dos primeros fueron realizados en junio de 1975 con alfalfa *Labonton* de segundo corte y en 25 % de floración. Los otros dos se hicieron en julio, en el mismo campo, tercer corte de la alfalfa y al 50 % de floración. En todos estos ensayos se procedía a segar, picar y deshidratar inmediatamente una porción de alfalfa de los extremos del campo que serviría de control o testigo (alfalfa no predesechada). El resto se cortaba y se extendía en hileras dejándola en el campo durante diversos períodos de tiempo, oscilando entre una y veinticuatro horas (tabla 3). De cada ensayo se tomaban muestras en el momento de entrar la alfalfa en el deshidratador y de la harina deshidratada. En estas muestras se determinaba la materia seca y el resto se congelaba entre láminas de carbónico sólido y así eran transportadas al laboratorio en Berkeley, California, donde eran analizadas.

Las horas de corte y de recogida de la alfalfa se seleccionaron de forma que los períodos más cortos de permanencia en el campo correspondían con las horas de temperatura máxima (mediodía). Las condiciones climatológicas en que se efectuaron estas experiencias se reseñan en la tabla 1. La misma máquina que recogía las hileras, picaba la alfalfa y, cargada en camiones, se transportaba a la deshidratadora.

La instalación de deshidratación era de tambor de triple paso, Guaranty Performance 12-40, dotada de un analizador de humedad por infrarrojos Anacon, situado en la salida de la harina deshidratada, con registro continuo, que corregía automáticamente la intensidad calorífica del quemador para producir harina con la humedad deseada, que fue de dos niveles, aproximadamente 4 y 8 %.

Una vez liofilizadas las muestras en el laboratorio se molieron por un tamiz de 40 mallas y se analizaron. Los carotenos y las xantofilas no-epoxi se analizaron por el método de LIVINGSTON et al. (9). La lisina por el procedimiento de MOORE y STEIN (12), modificado según se describe en AOAC (1970). Se determinaron la digestibilidad de las paredes celulares, TSAE, por el método de GUGGOLZ et al. (4), y la digestibilidad *in vitro* de la proteína por el método de SAUNDERS et al. (20). Los azúcares totales y reductores se analizaron por el método de POTTER et al. (18) y el almidón por el de MCCREADY et al. (10). La humedad se determinó por secado en estufa de aire forzado a 105°C durante veinte horas. La proteína por Kjeldahl, la grasa por Soxhlet, la fibra por el método Weende, las cenizas incinerando a 600°C, el P, K y Ca por fluorescencia de rayos X.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Reducción del contenido en humedad

La ventaja primaria del premarchitamiento de la alfalfa en el campo antes de ser deshidratada radica en la sustancial reducción de la cantidad de agua que hay que evaporar por Kg. de harina deshidratada a producir. La figura 1 pone de manifiesto este fenómeno y de ella puede deducirse que la cantidad de agua que habría de evaporarse para deshidratar alfalfa predeseada durante cuatro horas según los ensayos PHY y Gal-1, sería un 25 % menor que sin predesechar. En la experiencia Kan-4 este valor llega al 57 %, lo que supone un ahorro del 60 % de energía calorífica necesaria para la deshidratación.

Hidratos de carbono

Las tablas 2 y 3 ponen de manifiesto cómo durante el predesechado disminuye notablemente la concentración en almidón, mientras que aumenta la de azúcares totales y reductores. Ello se manifiesta sobre todo en los ensayos en el campo. Considerando los datos de la tabla 2 se observa el reparto de los carbohidratos en hojas y tallos de la alfalfa. La mayor parte de los azúcares (74 %) se encuentran en los tallos, mientras la mayor parte del almidón (72 %) en las hojas. Ello puede dar lugar a que si por el predesechado se pierde materia seca, consistente fundamentalmente en hojas, el material, después, presente mayor concentración de azúcares y menor de almidón. Sin embargo, para períodos cortos de tiempo de premarchitamiento, durante los cuales no hay apenas mermas en materia seca, esa razón no justifica esta diferencia de contenido en hidratos de carbono antes y después de predesechar. La razón estriba en la acción enzimática que continúa convirtiendo almidón en azúcares. No obstante, parece que se producen más cantidad de azúcares que los que se calculan de la pérdida en almidón. Puede pensarse incluso que se degrada también celulósico.

FIGURA 1

HUMEDAD DE LA ALFALFA EN FUNCION DEL TIEMPO DE PREMARCHITAMIENTO

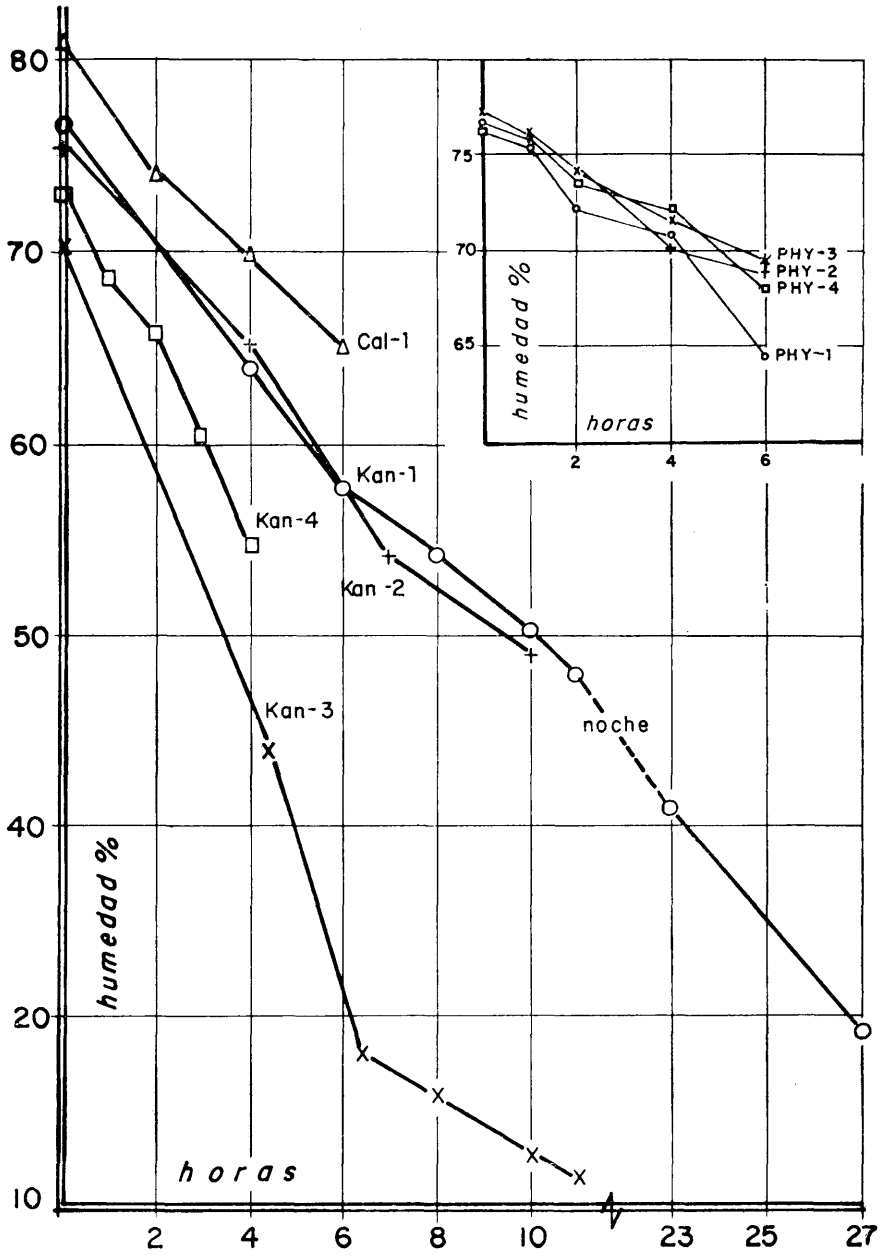


TABLA NUM. 2

ANÁLISIS CORRESPONDIENTE AL ESTUDIO EN EL FITOTRON. LOS RESULTADOS SE EXPRESAN SOBRE MATERIA SECA

| TIEMPO DE PRESECADO (Horas) | ALFALFA COMPLETA | | | | H O J A S | | | | T A L L O S | | | |
|--|------------------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------|
| | 0 | 2 | 4 | 6 | 0 | 2 | 4 | 6 | 0 | 2 | 4 | 6 |
| Humedad (%) | 76,46 | 71,98 | 70,47 | 65,09 | 75,42 | 70,61 | 69,26 | 62,91 | 76,90 | 72,08 | 71,67 | 67,70 |
| Proteína (%) | 19,10 | | | 19,85 | 24,03 | | | 25,47 | 10,22 | | | 10,11 |
| Fibra (%) | 22,69 | | | 22,35 | 13,24 | | | 13,39 | 36,39 | | | 37,27 |
| Grasa (%) | 3,82 | 3,58 | 2,73 | 2,76 | 4,47 | 3,93 | 3,46 | 3,09 | 2,07 | | | 1,75 |
| Cenizas (%) | 7,46 | | | 7,57 | 8,49 | | | 8,68 | 4,84 | | | 4,79 |
| P (%) | 0,38 | | | 0,39 | 0,45 | | | 0,47 | 0,24 | | | 0,27 |
| K (%) | 1,21 | | | 1,26 | 1,22 | | | 1,33 | 1,19 | | | 1,26 |
| Ca (%) | 1,86 | | | 1,87 | 2,52 | | | 2,65 | 0,79 | | | 0,74 |
| Azúcares totales (%) | 6,70 | 6,80 | 7,13 | 7,91 | 2,94 | 2,99 | 3,55 | 4,06 | 13,18 | | | 14,46 |
| Azúcares reductores (%) | 3,36 | 3,19 | 3,27 | 3,53 | 1,24 | 1,21 | 1,58 | 1,67 | 6,86 | | | 6,69 |
| Almidón (%) | 5,11 | 4,75 | 4,76 | 3,31 | 5,67 | 4,48 | 4,44 | 3,83 | 3,85 | | | 2,85 |
| Carotenos (mg./Kg.) | 247 | 249 | 225 | 209 | 358 | 350 | 319 | 300 | 46 | | | 48 |
| Xantofilas no-epoxi (mg./Kg.) | 336 | 310 | 308 | 274 | 538 | 457 | 428 | 368 | 89 | | | 93 |
| Digestibilidad de la proteína en pepsina y tripsina (%) | 84,82 | | | 82,82 | 83,65 | | | 88,73 | 79,45 | | | 81,80 |
| Energía metabolizable (según Carpenter) (cal./Kg.) | 1.574 | | | 1.450 | | | | | | | | |
| Energía metabolizable (según Sibbald) (cal./Kg.) | 1.420 | | | 1.306 | | | | | | | | |
| Relación hojas/tallos (en peso seco) ... | 100 | | | | 63 | | | | 37 | | | |

TABLA NUM. 3

COMPOSICION Y DIGESTIBILIDAD DE HARINA DE ALFALFA DESHIDRATADA EN FUNCION DEL TIEMPO DE PRESECADO ("WILTING").
LOS RESULTADOS SE EXPRESAN SOBRE MATERIA SECA

| MUESTRA Y TRATAMIENTO | Humedad % | Proteína % | Grasa % | Fibra % | Azúcares totales % | Azúcares reductores % | Almidón % | Lisina % | Digestibilidad <i>in vitro</i> de la proteína % | TSAE (**) % | Carotenos mg./Kg | Xantofilas no epoxi mg./Kg. |
|---|-----------|------------|---------|---------|--------------------|-----------------------|-----------|----------|---|----------------|------------------|-----------------------------|
| Cal-1 | | | | | | | | | | | | |
| Testigo (corte directo sin desh.) (*) ... | | | | | | | | | | | 359 | 474 |
| Testigo (corte directo y desh.) | 8,70 | | | | | | | | | | 323 | 382 |
| Presecada 6 h. sin desh. (*) | | | | | | | | | | | 227 | 336 |
| Presecada 6 h. y desh. | 5,40 | | | | | | | | | | 201 | 299 |
| Kan-1 | | | | | | | | | | | | |
| Testigo (corte directo sin desh.) (*) ... | | | | | | | | | | | 203 | 273 |
| Testigo (corte directo y desh.) | 6,00 | 19,40 | 3,60 | 28,60 | 2,59 | 1,67 | 3,54 | 0,71 | 81,80 | 51,50 | 189 | 272 |
| Presecada 4 h. sin desh. (*) | | | | | | | | | | | 185 | 265 |
| Presecada 4 h. y desh. | 4,60 | 19,20 | 2,50 | 30,00 | 4,07 | 2,19 | 3,43 | 0,70 | 78,20 | 51,50 | 165 | 260 |
| Presecada 27 h. sin desh. (*) | | | | | | | | | | | 102 | 175 |
| Presecada 27 h. y desh. | 6,10 | 16,60 | 2,60 | 32,70 | 4,74 | 1,57 | 2,78 | | | | 85 | 144 |
| Kan-2 | | | | | | | | | | | | |
| Testigo (corte directo sin desh.) | 6,60 | 18,80 | 2,20 | 33,20 | 2,50 | 1,40 | 2,74 | 0,70 | 79,30 | 50,30 | | |
| Presecada 4 h. sin desh. | 6,50 | 19,20 | 2,50 | 32,70 | 3,81 | 2,42 | 2,45 | 0,70 | 81,00 | 52,70 | | |
| Kan-3 | | | | | | | | | | | | |
| Testigo (corte directo sin desh.) | | 19,10 | 3,10 | 27,50 | 2,83 | 1,45 | 2,69 | | | | | |
| Presecada 4,5 h. | | 20,30 | 3,20 | 28,90 | 4,77 | 2,59 | 2,35 | | | | | |
| Kan-4 | | | | | | | | | | | | |
| Testigo (corte directo sin desh.) (*) ... | | 20,70 | 3,40 | 25,70 | 3,37 | 2,41 | 2,82 | | | | 251 | 302 |
| Testigo (corte directo y desh.) | 6,60 | | | | | | | | | | 242 | 286 |
| Presecada 4 h. sin desh. (*) | | 19,80 | 3,20 | 26,60 | 4,77 | 2,49 | 2,35 | | | | 183 | 243 |
| Presecada 4 h. y desh. | 6,50 | | | | | | | | | | 174 | 201 |

(*) Liofilizada para análisis

(**) Solubles por acción de celulasa y pronasa (véase Parte Experimental)

Proteína, fibra, grasa y minerales

Según muestran las tablas 2 y 3, durante períodos cortos de predesecado, el contenido en proteína de la alfalfa no se modifica. Asimismo el nivel de fibra apenas varía. Tampoco lo hacen los contenidos en cenizas, fósforo, potasio y calcio.

En cuanto al contenido en grasa (extracto etéreo), aun cuando los datos que se dan en este trabajo para las experiencias Kan-2, Kan-3 y Kan-4 no lo manifiestan, queda patente en los ensayos en el Fitotrón (tabla 2) y en el ensayo Kan-1 (tabla 3), que al cabo de cuatro horas de predesecado la cantidad de grasa disminuye del orden del 30 %. La oxidación debe ser la causa de estas pérdidas. El etoxiquin, no obstante, no se mostró eficaz como protector de la fracción grasa, pues las muestras tratadas con él y predesecadas seis horas mostraban un contenido en grasa muy poco superior a la alfalfa sin tratar (2,99 % para alfalfa completa y 3,26 % las hojas, frente a 2,76 % y 3,09 %, respectivamente).

Las hojas de la alfalfa contienen el 80 % de la proteína, el 74 % de la grasa, el 76 % de las cenizas y el 37 % de la fibra. El potasio está distribuido casi por igual en hojas y tallos, mientras que el calcio de las hojas es el 84 % del total y el fósforo el 75 %.

Lisina y digestibilidad "in vitro"

Como muestran las tablas 2 y 3 no se observa cambio aparente en el contenido en lisina ni en la digestibilidad de la proteína. Los valores de TSAE (digestibilidad en las paredes celulares) no muestran tampoco una modificación sustancial por el predesecado. El dato de TSAE en alimentos para el ganado vacuno y ovino muestra, según GUGGOLZ et al. (4), correlación significativa con los tradicionales valores de TDN (nutrientes totales digeribles).

Cambios en Carotinoides

En la tabla 3 se pone de manifiesto que las pérdidas en carotinoides fueron mucho menores en la experiencia Kan-1 que en las Cal-1 y Kan-4. En el ensayo Kan-1 la temperatura ambiente era inferior a los otros ensayos y menor, en consecuencia, el descenso de humedad de la alfalfa. Ello sugería que las pérdidas en carotinoides se correlacionaban más con la pérdida de humedad que con el tiempo de premarchitamiento, lo cual concuerda perfectamente con observaciones anteriores, LIVINGSTON et al. (8) y AMELLA (1). Pero, además, los ensayos llevados a cabo en el recinto climatizado (parte de cuyos resultados se incluyen en la tabla 2) mostraron que existe una correlación positiva y significativa al 0,001 entre las pérdidas en carotinoides y la disminución de la humedad de la alfalfa.

Señalaremos, por otra parte, que, aunque no se den aquí todos los resultados, para una reducción de la humedad del 10 %, el etoxiquin era efectivo en la preservación de los carotinoides a nivel 0,001 de significación. Extrapolando para valores del 20 % de pérdida de humedad este antioxidante resultaba estadísticamente eficaz con probabilidad al 0,05.

Los ensayos realizados en el recinto climatizado (PHY) mostraron que las pérdidas en xantofilas durante el predesecado eran superiores a las de carotenos, mientras que, durante las experiencias en el campo (tabla 3), el predesecado producía mayores pérdidas en carotenos que en xantofilas. Sin embargo, la deshidratación industrial produce mayores pérdidas en carotenos que en xantofilas. Esto ya había sido puesto de manifiesto anteriormente —LIVINGSTON et al. (8) y AMELLA (1)—. Por otra parte, la deshidratación de alfalfa recién cortada ocasiona pérdidas inferiores, tanto en carotenos como en xantofilas, que si la alfalfa ha sido predesecada.

La alfalfa que permaneció en el campo durante veintisiete horas quedó con una humedad similar a la de un heno, resultando unas pérdidas del 58 % de los carotenos y de 47 % de las xantofilas. Y aunque se llevara a cabo la deshidratación con sumo cuidado, ello no evitaba las pérdidas. Estas notables pérdidas pueden ser atribuidas a la acción enzimática y a la oxidación —WALHS et al. (23)—, tanto durante el premarchitamiento como durante la deshidratación, aparte de las pérdidas en materia seca (hojas fundamentalmente) durante la manipulación en el campo. Estas mermas se evidenciaban por la gran cantidad de polvo y hojarasca que se llevaba el viento durante las operaciones de picado y carga en camiones.

En la tabla 2 se dan valores de energía metabolizable para alfalfa antes y después de predesecar durante seis horas. Para calcularlos se midió la energía bruta, por cuadruplicado, de las muestras en una bomba calorimétrica, y se dedujeron los valores de energía metabolizable por las ecuaciones de CARPENTER et al. (3) y de SIBBALD et al. (21). Aunque la diferencia no es grande puede notarse una merma del 8 % en el valor energético de la alfalfa que había sido premarchitada.

CONCLUSIONES

El predesecado de la alfalfa en el campo previo a su deshidratación industrial debe limitarse a grados modestos de eliminación de humedad, pues de lo contrario pueden tener lugar pérdidas muy considerables de materia seca y de nutrientes.

La calidad de la harina de alfalfa deshidratada después de predesecada cuidadosamente en el campo es prácticamente equivalente a la harina deshidratada convencional, para alimentación de rumiantes, porcino y aves.

El ahorro de energía calorífica para la deshidratación puede llegar a ser del 50 % si se rebaja el contenido de humedad de la alfalfa de 80 hasta 60 %, lo que, dependiendo de la climatología, puede conseguirse en cuatro-seis horas de predesecado.

En las raciones para aves en las que se requiera pigmentación habría que atender al precio de la alfalfa deshidratada —TAYLOR et al. (23), OCAÑA et al. (17) y AMELLA (2)— en función de su contenido en carotinoides.

BIBLIOGRAFIA

(1) AMELLA, A., 1972: "Etude des pertes de caroténoïdes de la luzerne de la vallée de l'Ebre, par effect de la deshydratation industrielle". Fourrages, 49, 41-51.

(2) AMELLA, A., y OCAÑA, M., 1973: "Estudio económico de la utilización de alfalfa deshidratada para alimentación animal en función de su composición bromatológica". Trabajos del IEPGE, 14.

- (3) CARPENTER, K.J., and CLEGG, K.M., 1956: "The metabolizable energy of poultry feeding stuffs in relation to their chemical composition". J. Sci. Food Agric., 7, 45-51.
- (4) GUGGOLZ, J.; SAUNDERS, R.M.; KOHLER, G.O., and KLOPFENSTEIN, T.J., 1971: "Enzymatic evaluation of processes for improving agricultural wastes for ruminant feeds". J. Anim. Sci., 33 (1), 167-170.
- (5) ISRAELSEN, M., 1965: "Pre-wilting of green crops for artificial drying". Agron. Lab. Bull. 41 Kolding, Denmark.
- (6) KNOWLES, R.D.; LIVINGSTON, A.L.; NELSON, J.W., and KOHLER, G.O., 1968: "Stabilization of carotenoids by ethoxiquin in harvested fresh alfalfa". J. Agr. Food Chem., 16 (6), 985-989.
- (7) KNOWLES, R.D.; LIVINGSTON, A.L.; NELSON, J.W., and KOHLER, G.O., 1968: "Xanthophyll and carotene storage stability in commercially dehydrated alfalfa and freeze-dried alfalfa". J. Agr. Food Chem., 16 (4), 654-658.
- (8) LIVINGSTON, A.L.; KNOWLES, R.E.; NELSON, J.W., and KOHLER, G.O., 1968: "Xanthophylls and carotene loss during pilot and industrial scale alfalfa processing". J. Agr. Food Chem. 16 (1), 84-87.
- (9) LIVINGSTON, A.L.; NELSON, J.W., and KOHLER, G.O., 1969: "Estimation of non-epoxide xanthophyll in sun-cured and freeze-dried alfalfa, clovers and grasses". J.A.O.A.C., 52 (3), 617-622.
- (10) MCCREADY, R.M.; GUGGOLZ, J.; SILVIERA, V., and OWENS, H.S., 1950: "Determination of starch and amylose in vegetables (application to peas)". Anal. Chem., 22 (9), 1156.
- (11) MILLER, H.F., and WEDIN, W.F., 1972: Alfalfa Sci. Tech. Am. Soc. Agron., Ed. C.H. Hanson, 588-591.
- (12) MOORE, S., and STEIN, W.H., 1951: "Chromatography of amino acids on sulfonated polystyrene resins". J. Biol. Chem., 192-663.
- (13) MURDOCK, F.R.; HODGSON, A.S., and HARRIS, J.R., 1958: "Nutrient losses and feeding value of wilted and direct-cut forages stored in tower silos". J. Dairy Sci., 41 (10), 1483.
- (14) NASH, M.J., 1959: "Partial wilting of grass crops for silage. 1. Field trials". J. British Grassland Soc., 14 (1), 65-73.
- (15) NEWLANDER, A.A., and RIDDELL, W.H., 1957: "High-moisture versus wilted grass silage for raising dairy calves". Bull. 602 Vermont Agric. Exp. Sta.
- (16) NORDFELT, S., 1958: "The effect of wilting on nutrient loss and quality of silage". Nord. Jordbrforsk., 39 (1-2), 102.
- (17) OCAÑA, M.; AMELLA, A., y MANRIQUE, E., 1970: "El coste nacional de la pigmentación de los productos avícolas". Trabajos del IEPGE, 2.
- (18) POTTER, A.L.; DUCAY, E.D., and MCCREADY, R.M., 1968: "Determination of sugar in plant materials: measurement of unreduced copper by atomic absorption spectrometry". J.A.O.A.C., 51, 748.
- (19) PRIEPKE, E.H., and BRUHN, H.D., 1970: "Altering physical characteristics of alfalfa to increase the drying rate". Transactions of the ASAE, 827-831.
- (20) SAUNDERS, R.M.; CONNOR, M.A.; BOOTH, A.N.; BICKOFF, E.M., and KOHLER, G.O., 1973: "Measurement of digestibility of alfalfa protein concentrates by *in vivo* and *in vitro* methods".
- (21) SIBBALD, I.R.; CZARNOCKI, J.; SLINGER, S.J., and ASHTON, G.C., 1963: "The prediction of the metabolizable energy content of poultry feedingstuffs from a knowledge of their chemical composition". Poultry Science, 42 (2), 486.
- (22) TAYLOR, A., 1963: "A study of wilting conditions in South-west England". J. Brit. Grassland Soc., 18 (4), 318.
- (23) TAYLOR, R.D.; KOHLER, G.O.; MADDY, K.H., and ENOCHIAN, R.V., 1968: "Alfalfa meal in poultry feeds. An economic evaluation using parametric linear programming". Agricultural Economic Report (USDA), 130.
- (24) WALSH, K.A., and HAUGE, S.M., 1953: "Carotene: factors affecting destruction in alfalfa". J. Agr. Food Chem., 1 (16), 1001.

ALFALFA WILTING AND DEHYDRATION: CHANGES IN NUTRIENT COMPOSITION
DURING INDUSTRIAL DRYING

SUMMARY

Wilting before dehydrating can lower fuel costs and produce a feed product essentially equivalent to conventional dehy-alfalfa for ruminants, swine and poultry. Where pigment is desired, alfalfa should be purchased on a xanthophyll guaranteed basis.