

Granos de destilería, una alternativa viable para la producción de leche vacuna. Características, composición y uso

J. Herrera y H. Jordán

Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, La Habana

Correo electrónico: jherrera@ica.co.cu

Se informa acerca de las características, composición y uso de los granos secos de destilería con solubles (DDGS) y su utilización para la producción de leche vacuna. Varios obstáculos se deben solucionar para expandir los mercados de granos secos de destilería con solubles (DDGS). Es fundamental que los productores de maíz, la industria del etanol, la ganadera, la avícola y la industria de alimentos balanceados trabajen conjuntamente para resolver cuestiones relacionadas con la variabilidad del producto, la ausencia de métodos estandarizados de muestreo, la transportación y el conocimiento de las ventajas y limitaciones de los DDGS. Los granos de destilería que se utilizan en la alimentación de las vacas lecheras son una buena fuente de proteína, grasa, fósforo y energía.

Palabras clave: granos de destilería, vacas lecheras, producción de leche

INTRODUCCIÓN

Los granos secos de destilería con solubles (DDGS) se utilizan como alimento para varias especies de animales domésticos. Son a su vez un subproducto de la producción de etanol con molienda seca, a partir de granos. Desde mediados de 1940, los granos de destilería se utilizan como alimento para el ganado (Loosli *et al.* 1952). En Cuba, a partir del 2005 se incrementó gradualmente la utilización de este subproducto, también llamado Norgold, en la alimentación animal, principalmente en la especie bovina.

En la producción de etanol, el almidón se fermenta para obtener alcohol etílico, pero los componentes restantes del grano (endospermo, germen) conservan mucho el valor nutritivo original (energía, proteína y fósforo). Las plantas de molienda seca recuperan y recombinan estos componentes en gran cantidad de ingredientes para la alimentación animal. Los DDGS son una forma muy popular de estos componentes combinados, que están disponibles como alimento para ganado y las aves. A medida que la industria del etanol en Estados Unidos continúe creciendo, habrá mayor cantidad de DDGS en el

mercado nacional y de exportación y más amplia diversidad de subproductos de destilería, con diferentes características nutricionales.

La industria del etanol en Estados Unidos se ha desarrollado rápidamente, lo que resulta en una oferta de rápido crecimiento de DDGS en el mercado. En enero de 2007, la Asociación de Combustibles Renovables de EUA informó que existían 112 plantas de etanol de molienda seca en operación, con capacidad combinada de 20.93 millones de litros de etanol al año, y que otras 83 plantas estaban en construcción o expansión, lo que podría añadir otros 22.71 millones en los próximos dos años (Anon 2007). Los DDGS ofrecen una oportunidad para ahorrar costos en la alimentación de los animales y se espera que en el futuro haya cantidades abundantes.

El objetivo de esta reseña es informar acerca de los elementos más importantes, relacionados con las características, composición y uso de los granos secos de destilería (DDGS) para la producción de leche vacuna.

PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL ETANOL Y DE LOS SUBPRODUCTOS DE DESTILERÍA

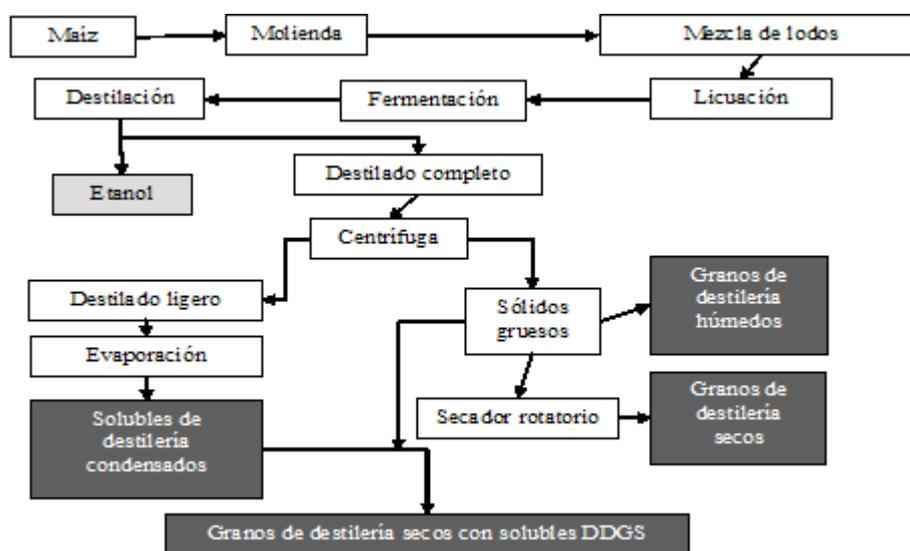


Figura 1. Procesos de producción del etanol de molienda seca y sus subproductos (Erikson *et al.* 2005)

Erickson *et al.* (2005) propusieron un esquema que representa las principales etapas por las que atraviesa el

maíz para obtener etanol y granos secos de destilería (figura 1).

LIMITACIONES EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE DDGS.

Varios obstáculos se deben solucionar para poder expandir los mercados de DDGS. Es fundamental que los productores de maíz, la industria de etanol, la ganadera, la avícola y la de alimentos balanceados trabajen conjuntamente para resolver las siguientes cuestiones:

- *Variabilidad del producto.* El valor alimenticio, los contenidos de nutrientes, la digestibilidad y las características físicas de DDGS son ampliamente variables, lo que causa incertidumbre en los consumidores. Los DDGS de distintos proveedores, y eventualmente diferentes fuentes del mismo proveedor, varían a menudo su calidad. Esa variabilidad conduce a los consumidores a comprar alimentos alternativos, con mayor consistencia en su perfil nutricional.

- *Ausencia de métodos estandarizados de muestreo.* Los laboratorios que analizan la composición de los DDGS tienen la opción de utilizar múltiples siste-

mas analíticos. Por lo tanto, la misma muestra puede recibir diferencias de dos laboratorios que apliquen diferentes métodos. Esta situación causa numerosas reclamaciones, que se podrían evitar si la industria utilizara métodos estandarizados de muestreo.

- *Transporte.* El alto costo del transporte resulta un impedimento importante para el crecimiento del mercado de DDGS fuera de las grandes áreas productoras de maíz. Además del problema del costo, la industria transportadora todavía se muestra dubitativa en lo que respecta al traslado de los DDGS, debido a su volatilidad.

- *Desconocimiento acerca de las bondades DDGS.* A pesar de la gran cantidad de estudios existentes que han demostrado los beneficios de incluir DDGS en las dietas para el ganado y las aves, muchos nutricionistas y productores aún no conocen las cualidades de los DDGS.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS DDGS

Cromwell *et al.* (1993) afirmaron que las características físicas y químicas de los granos secos de destilería con solubles (DDGS) varían entre fuentes y pueden influir en su valor alimentario y características de manejo. Entre estas características se incluye el color, olor, tamaño de partícula, densidad de masa, capacidad de flujo y estabilidad durante el almacenaje e higroscopicidad.

El color. Varía desde un amarillo muy claro a un café muy oscuro. Las diferencias de color entre las fuentes de DDGS pueden estar influenciadas principalmente por el color natural del grano, la cantidad de solubles añadidos antes del secado y el tiempo y temperatura de secado.

El color de los granos de maíz puede variar entre las diferentes variedades, lo que influye en el color final de los DDGS. Las mezclas de maíz y sorgo de DDGS también son más oscuras que las de maíz, debido al color bronce de muchas de las variedades de sorgo.

Cuando se añade una proporción relativamente alta de solubles a la masa (fracción de granos) para hacer los DDGS, se oscurece el color. En este sentido, Noll *et al.* (2006) desarrollaron un estudio en el que evaluaron el color en lotes de DDGS, en los que se añadía a la masa, antes del secado, aproximadamente 0, 30, 60 y 100 % del máximo posible de mieles. Las tasas reales de adición de solubles a la masa fueron de 0, 45.4, 94.6 y 158.9 L/min. Los resultados obtenidos evidenciaron que la adición creciente de solubles a la masa resultó en una disminución de la claridad del color y de su tono amarillo, con aumento del rojo. Ganesan *et al.* (2005) informaron resultados similares.

La claridad del color de las muestras de DDGS parece estar moderadamente correlacionada con el conte-

nido de lisina total, donde las muestras de color más claro se inclinan a tener más lisina total y mayor digestibilidad. La cantidad y duración del calentamiento está correlacionada con el color y la digestibilidad de lisina. Además, debido a la amplia gama en la temperatura de las secadoras, hay gran variedad en la digestibilidad de lisina entre las fuentes de DDGS.

Cuando se aplica calor a los ingredientes de alimentos balanceados, ocurre la reacción color café o de Maillard, que resulta en la formación de compuestos poliméricos de alto peso molecular, conocidos como melanoidinos. El grado de encarecimiento, medido a través de la absorbancia a 420 nm, se usa para evaluar el alcance de la reacción de Maillard en los alimentos.

Según Cromwell *et al.* (1993), Ergul *et al.* (2003) y Pederson *et al.* (2005), la digestibilidad de la lisina está más afectada por el alcance de esta reacción. La claridad y el color amarillo de los DDGS parecen ser predictores razonables del contenido de lisina digestible entre las fuentes de DDGS de color claro para aves y cerdos.

Cromwell *et al.* (1993) fueron los primeros en demostrar que el color de los DDGS se correlaciona con el desempeño del crecimiento de cerdos y aves. En ese estudio, las fuentes de DDGS se combinaron para mezclar tres dietas diferentes para cerdos en crecimiento. Estas dietas contenían DDGS de color claro, medio y oscuro. Los cerdos alimentados con las fuentes de DDGS oscuras tuvieron un crecimiento más lento, reducción en el consumo de alimento y menor eficiencia en su uso, con respecto a los alimentados con la dieta que contenía DDGS de color claro. Los investigadores concluyeron

Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 44, Número 2, 2010.

ron que mientras más oscuros sean los DDGS, peor será el crecimiento de los animales. Esto indicó una relación directamente proporcional entre la claridad de los granos de destilería y su calidad. Al mismo tiempo, se demostró que los DDGS de alta calidad tienen un olor dulce o fermentado. Los DDGS que huelen a humo están sobrecalentados y son de menor calidad.

En cuanto a la influencia de la temperatura de secado en el color de los DDGS, se ha demostrado que en las plantas de etanol de molienda seca, esta puede variar de 127 a 621 °C. El tiempo que pasan los DDGS en el secado también influye en el color. Generalmente, mientras mayor sea la temperatura del secador, y más tiempo permanezcan los DDGS en él, más oscuro será el color.

Tamaño de partícula, densidad de masa y pH. El tamaño de partícula y la uniformidad de los ingredientes de los alimentos fueron considerados por Blas y García (2006) como elementos importantes para quienes estudian la nutrición del ganado. Según estos autores, cuando se seleccionan diferentes fuentes de alimento y se determina la necesidad de mayor procesamiento, se comprueba que el tamaño de partícula afecta y modifica los siguientes aspectos:

1. *Digestibilidad de los nutrientes:* A medida que se redujo el tamaño de partícula, mejoró la digestibilidad de los nutrientes y la conversión alimentaria. Esto se debe a la mayor cantidad de superficie de contacto del ingrediente, que está disponible para que actúen las enzimas digestivas y los microorganismos que habitan en el estómago de los rumiantes.

2. *Eficiencia del mezclado:* Un tamaño de partícula más uniforme en una mezcla de ingredientes reducirá el tiempo de mezclado para lograr una mezcla con una distribución uniforme de ingredientes en un alimento completo.

3. *Cantidad de ingredientes segregados durante el transporte y el manejo:* La segregación (separación)

de partículas y de ingredientes ocurre cuando las partículas de diferente tamaño y densidad de masa se mezclan, transportan o manejan.

4. *Densidad de masa:* Es una medida que describe el peso de un ingrediente por unidad de volumen. En general, la densidad de masa puede aumentar al reducirse el tamaño de partícula para incrementar el peso del ingrediente o alimento completo por unidad de volumen.

5. *Palatabilidad y clasificación de dietas en harina:* En dependencia del animal, un alimento molido finamente reducirá el consumo, ya que su consumo causará problemas en los comederos. Los alimentos molidos, extremadamente gruesos, pueden reducir también la aceptabilidad.

La densidad de masa es un factor importante que debe considerarse cuando se determina el volumen de almacenamiento de los vehículos de transporte, barcos, contenedores, tambores y sacos. La densidad afecta los costos de transporte y almacenamiento. Los ingredientes con una densidad de masa baja tienen mayor costo por unidad de peso. También puede afectar la cantidad de segregación del ingrediente que pueda haber durante el manejo de alimentos completos. Las partículas con mayor densidad de masa se van al fondo de una carga durante el transporte, mientras que las partículas de menor densidad suben a la superficie de la carga.

Durante el 2004 y 2005, investigadores de la Universidad de Minnesota desarrollaron dos estudios acerca de las características físicas de DDGS. Utilizaron 34 y 35 muestras de plantas de etanol de once regiones diferentes, para los años 2004 y 2005, respectivamente. Como se muestra en la tabla 1, los intervalos de partícula promedio fueron de 665 - 737 μm , pero el tamaño de partícula fue extremadamente amplio, de 73 a 1217 μm . El pH de las fuentes de DDGS promedio fue 4.1, pero puede estar en un intervalo de 3.6 a 5.0.

Tabla 1. Tamaño de partícula, densidad de masa y pH DDGS (Blas y García 2006)

| Año 2004 | Promedio | Intervalo | DE | CV, % |
|--|----------|------------------|--------|-------|
| Tamaño de partícula, μm | 665.00 | 256.00 - 1087.00 | 257.48 | 38.7 |
| Densidad de masa, lb/pies ³ | 31.20 | 24.90 - 35.00 | 2.43 | 7.78 |
| pH | 4.14 | 3.70- 4.60 | 0.28 | 6.81 |
| Año 2005 | | | | |
| Tamaño de partícula, μm | 737.00 | 73.00 - 1217.00 | 283.00 | 38.00 |
| Densidad de masa, lb/pies ³ | 25.20 | 22.80 - 31.50 | 8.60 | 34.20 |
| pH | 4.13 | 3.60 - 5.00 | 0.33 | 7.91 |

CAPACIDAD DE FLUJO

Se define como la aptitud de los sólidos granulares y polvos de fluir durante la descarga del transporte o de los recipientes de almacenamiento (Rosentrater 2006). No es una propiedad natural inherente al material, sino más bien una consecuencia de varias propiedades que

interactúan e influyen simultáneamente en el flujo del material. La capacidad de flujo se puede afectar por diversos factores que interactúan sinérgicamente, entre los que se incluyen la humedad del producto, la distribución del tamaño de partícula, la temperatura de almace-

namiento, la humedad relativa, el tiempo, la distribución de la presión de compactación dentro de la masa del producto, las vibraciones durante el transporte o las variaciones en los niveles de esos factores durante el proceso de almacenamiento. Otros aspectos que pueden influir negativamente en la capacidad de flujo son los constituyentes químicos, los niveles de proteína, grasa, almidón y carbohidratos, así como la adición de agentes de flujo.

En ciertas condiciones, los DDGS pueden mostrar una mala capacidad de flujo (AURI 2005). Puede haber «formación de grumos» o «apelmazamiento» como resultado de la descarga de DDGS hacia los camiones, carros de ferrocarril o contenedores, si no se ha enfriado y curado adecuadamente antes de la descarga. Esto causa a menudo problemas de flujo y dificultad en la descarga de los DDGS. La menor capacidad de flujo de los DDGS en los contenedores de

Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 44, Número 2, 2010.

almacenamiento a granel y vehículos de transporte provoca una limitada aceptabilidad de determinadas fuentes de DDGS por parte de algunos clientes y propietarios de ferrocarriles.

Actualmente se realizan estudios de investigación para determinar los factores que causan problemas de flujo y sus posibles soluciones. Rosentrater (2006) estudió un número limitado de muestras de DDGS en condiciones de laboratorio. Estas instituciones informan que una humedad relativa mayor de 60 % parece reducir la capacidad de flujo de una muestra de DDGS, lo que probablemente se debe a la capacidad del producto de absorber la humedad. Aunque la humedad del ambiente, y la de los mismos DDGS, probablemente influye en la capacidad de flujo, existen otros factores que se han indicado también como posibles controladores: tamaño de partícula, contenido de solubles, temperatura del secador, contenido de humedad en la salida del secador, entre otros.

CONSERVACIÓN

Debido a que el contenido de humedad de los DDGS es, por lo general, de 10 – 12 %, hay un riesgo mínimo de deterioro durante el tránsito y almacenamiento, a menos que haya goteras de agua en los barcos de transporte o en las bodegas o almacenes (Erickson *et al.* 2005). Hasta el momento, no se han llevado a cabo estudios de investigación para demostrar que son necesarios los conservadores e inhibidores de hongos para prevenir el deterioro y aumentar la vida de anaquel de los DDGS.

En condiciones donde el contenido de humedad de los DDGS exceda en 12 – 13 %, la vida de anaquel de los DDGS parece ser de varios meses (Anon 2007). En un estudio de campo del Consejo de Granos de EUA, los DDGS se embarcaron de una planta de etanol en Dakota del Sur hasta Taiwán, en un contenedor de

40 pies. Al llegar a Taiwán, los DDGS se pusieron en sacos de 50 kg y se almacenaron bajo techo de acero durante diez semanas en el transcurso de un estudio de alimentación de ganado lechero en una granja lechera comercial, ubicada a 20 km al sur del Trópico de Cáncer. Las temperaturas ambientales promediaron más de 32° C y la humedad fue superior a 90 % durante el período de almacenamiento. Se recolectaron muestras de DDGS a la llegada a la granja, y después de las 10 semanas del período de almacenamiento. Durante este estudio no hubo cambio en el valor del peróxido (medición de la rancidez oxidativa del aceite). Supuestamente, esto se podría deber a la alta cantidad de antioxidantes naturales presentes en el maíz, los cuales se incrementan durante el proceso térmico.

HIGROSCOPICIDAD

Con respecto a la higroscopicidad (capacidad de absorber humedad), la disponibilidad de información es muy limitada. Sin embargo, en condiciones climáticas húmedas, durante el almacenamiento a largo plazo, los DDGS aumentan el contenido de humedad. El Consejo de Granos de EUA patrocinó una prueba de campo en pollos de engorde en Taiwán, donde se controló el contenido de humedad de los DDGS durante el almacenamiento

por cuatro meses en una planta de alimentos balanceados comerciales. Semanalmente se tomó una muestra y se analizó la humedad en el período de almacenamiento. El contenido de humedad de los DDGS aumentó de 9.05 % a 12.26 %. Como era de esperar, la concentración de proteína cruda no cambió en los DDGS, y no hubo aflatoxinas presentes al inicio ni al final del experimento.

CONTENIDO DE NUTRIENTES DE LOS GRANOS SECOS DE DESTILERÍA CON SOLUBLES

El maíz es el principal grano que se usa, sea en plantas de etanol de molienda seca como húmeda, debido a su alto contenido de almidón fermentable, en comparación con otras materias primas. Como se planteó anteriormente, algunas plantas de etanol utilizan sorgo o una mezcla de maíz con cebada, trigo o sorgo, en dependen-

cia de la ubicación geográfica, el costo y la disponibilidad de estos granos con respecto al maíz.

Aunque las plantas de etanol de molienda seca producen una gran variedad de subproductos, los granos secos de destilería con solubles (DDGS) son el subproducto más importante que se comercializa

internacionalmente para su uso en alimentos para ganado lechero, ganado de engorda, cerdos, aves y acuicultura. Los valores nutritivos de los DDGS de alta calidad que producen las plantas modernas de etanol en Estados Unidos son, generalmente, mayores que los que aparecen en las publicaciones de los requerimientos de nutrientes del NRC para ganado de carne (NRC 1996) y lechero (NRC 2001). Los subproductos de la molienda seca, la molienda húmeda y la industria de bebidas alcohólicas son diferentes desde el punto

de vista nutricional y en su valor económico. La tabla 2 muestra el contenido de nutrientes de los DDGS de alta calidad.

Las principales ventajas nutricionales de los DDGS de alta calidad, con respecto a la harina de gluten de maíz y los granos secos de cervecería, es su alto contenido de aceite y de fósforo disponible. Los valores de energía digestible y metabolizable son significativamente más altos que la harina de gluten de maíz, además de presentar más de 20 % de proteína.

Tabla 2. Composición bromatológica de granos secos de destilería sobre materia seca

| Nutriente (%) | Promedio | CV | Rango |
|----------------|----------|-------|---------------|
| Proteína cruda | 30.90 | 4.70 | 28.70 - 32.90 |
| Grasa cruda | 10.70 | 16.40 | 8.80 - 12.40 |
| Fibra cruda | 7.20 | 18.00 | 5.40 - 10.40 |
| Cenizas | 6.00 | 26.60 | 3.00 - 9.80 |
| Lisina | 0.90 | 11.40 | 0.61 - 1.06 |
| Arginina | 1.31 | 7.40 | 1.01 - 1.48 |
| Triptofano | 0.24 | 13.70 | 0.18 - 0.28 |
| Metionina | 0.65 | 8.40 | 0.54 - 0.76 |
| Fósforo | 0.75 | 19.40 | 0.42 - 0.99 |

VARIABILIDAD EN EL CONTENIDO Y DIGESTIBILIDAD DE NUTRIENTES DE LAS FUENTES DE DDGS

Los nutricionistas sostienen que es necesaria la consistencia y predictibilidad en los ingredientes que se utilizan como alimentos balanceados (Spiehs *et al.* 2002 y Robinson 2005). Se ha demostrado que el contenido de nutrientes de los DDGS puede variar entre las fuentes (tabla 2).

En investigaciones precedentes se concluyó que, con respecto a las materias primas y los factores del procesamiento, las principales variables que contribuyen a la variación en la composición de nutrientes de los subproductos de destilería son la materia prima (tipos de grano y su variedad y calidad, condiciones de la tierra, fertilización, clima, métodos de producción, cosecha y fórmula del grano) y los factores que intervienen en el

procesamiento (procedimiento de molienda, temperatura y tiempo de fermentación, entre otros).

Para manejar la diversidad entre las fuentes de DDGS, algunos fabricantes comerciales de alimentos balanceados requieren que se conserve la identidad de las fuentes de DDGS seleccionadas. Cuando compran el DDGS, usan ciertos proveedores escogidos de una lista. Los tres factores más importantes que afectan la variabilidad del contenido de nutrientes en los DDGS son: la variación en el contenido de nutrientes del maíz enviado a la planta de etanol, las variaciones en la relación de mezcla de los dos componentes de DDGS en la planta y las diferencias en el tiempo y temperaturas de secado.

VARIACIÓN EN EL CONTENIDO DE NUTRIENTES DEL MAÍZ

Probablemente, una gran parte de la variación en el contenido de nutrientes de DDGS se deba a la variación normal entre las variedades de maíz y la ubicación geográfica del sitio donde se cultiva. Reese y Lewis (1989) mostraron que el maíz producido en Nebraska en 1987 tenía entre 7.8 y 10.0 % de proteína cruda, 0.22 y

0.32 % de lisina, y entre 0.24-0.34 % de fósforo. En las plantas de molienda seca, conforme se elimina el almidón de los granos de maíz para producir etanol, los nutrientes se concentran en el subproducto DDGS y la variabilidad de nutrientes en el maíz puede ser más acentuada (tabla 3).

Tabla 3. Valores generales promedio, mínimos y máximos de nutrientes en el maíz

| Nutriente | Promedio | Mínimo | Máximo |
|-------------------|----------|--------|--------|
| Proteína cruda, % | 8.60 | 7.80 | 10.00 |
| Lisina, % | 0.26 | 0.22 | 0.32 |
| Calcio, % | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| Fósforo, % | 0.28 | 0.24 | 0.34 |
| Selenio, (ppm) | 0.12 | 0.10 | 0.16 |
| Vitamina E, UI/lb | 3.90 | 1.90 | 5.80 |

UTILIZACIÓN DE LOS GRANOS SECOS DE DESTILERÍA CON SOLUBLES, EN LA ALIMENTACIÓN DE VACAS LECHERAS

El contenido de proteína en los DDGS de alta calidad es típicamente superior a 30 % con base en materia seca. Los DDGS son una buena fuente de proteína no degradable en el rumen (PNDR) o de proteína de sobrepaso para el ganado.

La mayor parte de la proteína en el maíz se degrada durante el proceso de fermentación, lo que resulta en un nivel proporcionalmente más alto de PNDR, con respecto al que se encuentra en el maíz (Leonardi *et al.* 2003). La calidad de la proteína en los DDGS es bastante buena, pero, al igual que en la mayoría de los subproductos del maíz, la lisina es el primer aminoácido limitante. Como resultado, a veces se puede aumentar la producción de leche cuando se alimenta a las vacas lecheras con raciones que contienen lisina y metionina suplementarias, protegidas contra los microorganismos del rumen, o cuando se mezclan los DDGS con otros ingredientes altos en proteína que contienen más lisina. Sin embargo, en la mayor parte de las situaciones, el suministro de raciones que contienen DDGS conlleva a una producción de leche, tan alta o mayor que cuando se alimentan con raciones que contienen harina de soya como fuente de proteína.

Los DDGS son también una buena fuente de energía para el ganado lechero. Los valores de energía de los DDGS de alta calidad son de 10 – 15 % superiores a los valores previamente informados por el Consejo Nacional de Investigación (NRC 2001). Los DDGS contienen más energía que el maíz. Además, debido a que casi todo el almidón en el maíz se convierte en etanol durante el proceso de fermentación, aumenta la concentración de grasa y fibra en los DDGS en un factor de tres, en comparación con el maíz. Los DDGS contienen altas cantidades de fibra neutro detergente (FND), pero bajas cantidades de lignina. Esto hace que, con respecto al maíz, sea una fuente de fibra altamente digestible para el ganado, pues con su consumo se reducen los problemas digestivos. La fibra altamente digestible de los DDGS también permite servir como un sustituto parcial de los forrajes y concentrados en dietas para ganado lechero y de engorda. Aunque en raciones donde los niveles de inclusión de los DDGS son altos, se convierte en un elemento adverso.

INFLUENCIA DE LOS GRANOS DE DESTILERÍA EN EL CONSUMO DE MATERIA SECA

Kalscheur (2005) planteó que el consumo de materia seca se afecta, tanto por su nivel de inclusión en la dieta, como por la forma de los granos de destilería. En el caso de granos de destilería secos, el consumo no aumentó de forma lineal con el nivel de inclusión pero el máximo valor se alcanzó en vacas que consumieron 20-30 % de DDGS ingirieron la misma cantidad de alimento que la dieta control (tabla 4).

En el caso de los granos húmedos el menor consumo se obtuvo en la inclusión de más de 30% de DDGS lo que propició que los animales consumieran 2.3 y 5.1kg/d menos que el grupo control y 4-10 % de inclusión, respectivamente (tabla 4).

Tabla 4. Consumo de materia seca de vacas alimentadas con niveles crecientes de granos de destilería, secos y húmedos (Kalscheur 2005)

| Nivel de inclusión en base seca (%) | Consumo de materia seca (kg/d) | |
|-------------------------------------|--------------------------------|---------------------|
| | Secos | Húmedos |
| 0 | 23.50 ^c | 20.90 ^b |
| 4 - 10 | 23.60 ^{bc} | 23.70 ^a |
| 10 - 20 | 23.90 ^{ab} | 22.90 ^{ab} |
| 20 - 30 | 24.20 ^a | 21.30 ^{ab} |
| > 30 | 23.30 ^{bc} | 18.60 ^c |
| EE ± | 0.80 | 1.30 |

^{abc} Medias con superíndices diferentes difieren a P<0.05

INFLUENCIA DE LOS GRANOS DE DESTILERÍA EN LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LA LECHE

Un estudio realizado por Kalscheur (2005) evidenció que la forma y la cantidad de los granos de destilería no influyó en la producción de leche (tabla 5). Este resultado debe ser manejado con cautela pues se desconocen algunos detalles experimentales y relacionados con la dieta. Además, llama la atención que en el caso de los granos húmedos que 2.5 L de diferencia entre los

tratamientos 4-10 y más de 30 % de inclusión, no sea significativo.

Powers *et al.* (1995) señalaron que el porcentaje de grasa en la leche varió con la inclusión de los granos en la dieta. Sin embargo, las dietas de la tabla 6 señalan que no hubo efecto y por ello, esa información no apoya la teoría de que el suministro de granos de destilería disminuye el contenido de grasa de la leche.

Tabla 5. Rendimiento de leche de vacas alimentadas con niveles crecientes de granos de destilería, secos y húmedos (Kalscheur 2005)

| Nivel de inclusión en base seca (%) | Producción de leche (kg/d) | |
|-------------------------------------|----------------------------|---------|
| | Secos | Húmedos |
| 4 - 10 | 33.50 | 34.00 |
| 10 - 20 | 33.30 | 34.10 |
| 20 - 30 | 33.60 | 31.60 |
| > 30 | 32.20 | 31.60 |
| EE ± | 1.50 | 2.60 |

No obstante, hay muchos factores que desempeñaron una función importante en la disminución de grasa láctea.

Cuando se formulan dietas, es importante incluir suficiente fibra de forrajes para poder mantener la función ruminal (Krause *et al.* 2002 y Beauchemin y Yang 2005). En este sentido, los granos de destilería proporcionan entre 28 y 44% de FND, aunque esta fibra se procesa finamente y se digiere de forma rápida en el rumen.

La fibra de los granos de destilería no se considera eficaz para el rumen, por lo que no se debe considerar igual que la del forraje. Los niveles altos de grasa, proporcionados por los granos de destilería, también pueden tener efecto en el funcionamiento del rumen, lo que conduciría a una disminución de la grasa láctea. Sin embargo, a menudo es una combinación de factores de la dieta lo que propicia la variación del porcentaje de grasa láctea (tabla 6).

En tanto se ha demostrado que el porcentaje de proteína láctea no fue diferente para vacas que se alimentaron con dietas que contenían 0 – 30 % de granos de destilería. Además, la forma de estos granos no alteró la composición de la leche (tabla 7). Sin embargo, el porcentaje de proteína de la leche disminuyó 0.13 unidades porcentuales, cuando se incluyeron los granos de destilería a concentraciones mayores de 30 % en la dieta, en comparación con las vacas alimentadas con las dietas control. A niveles de inclusión más altos, los granos de destilería, probablemente hayan sustituido otras fuentes

Tabla 6. Porcentaje de grasa láctea de vacas lecheras alimentadas con niveles crecientes de granos de destilería (Powers *et al.* 1995)

| Nivel de inclusión en base seca (%) | Grasa, % |
|-------------------------------------|----------|
| 0 | 3.39 |
| 4 - 10 | 3.43 |
| 10.1 - 20 | 3.41 |
| 20.1 - 30 | 3.33 |
| > 30 | 3.47 |
| EE ± | 0.08 |

de suplementación de proteína. A estos altos niveles de inclusión, la digestibilidad de la proteína intestinal y las concentraciones de lisina más bajas, así como el desequilibrio del perfil de aminoácidos pudieron contribuir a un menor porcentaje de proteína láctea. Estudios más recientes no son lo suficientemente convincentes para mostrar este efecto. La lisina es muy termosensible y se puede afectar por el procesamiento y el secado. Las mejoras en los procedimientos del proceso y secado en las plantas de combustible etanol que se construyeron en los últimos años, pueden haber mejorado la calidad de aminoácidos del producto.

Tabla 7. Porcentaje de proteínas lácteas de vacas lecheras alimentadas con niveles crecientes de granos de destilería (Powers *et al.* 1995)

| Nivel de inclusión en base seca (%) | Proteína, % |
|-------------------------------------|-------------------|
| 0 | 2.95 ^a |
| 4 - 10 | 2.96 ^a |
| 10.1 - 20 | 2.94 ^a |
| 20.1 - 30 | 2.97 ^a |
| > 30 | 2.82 ^b |
| EE ± | 0.07 |

^{ab} Medias con superíndices diferentes por columnas difieren a $P < 0.05$

OTROS FACTORES QUE INFLUYEN EN LA EFICIENCIA DEL USO DE DDGS COMO ALIMENTO PARA VACAS LECHERAS

El nivel de inclusión en la dieta de los granos de destilería no es el único factor que se debe considerar al formular dietas para vacas lecheras. Otras variables que pueden afectar la producción de leche y su composición son: tipo de forraje, relación forraje-concentrado (DDGS), contenido de aceite en los granos de destilería y formulación de dietas basadas en aminoácidos. El impacto de estos factores de la dieta en la producción y composición de la leche se evaluó en informes publicados por Kalscheur (2005).

Tipo de forraje. Con el propósito de conocer la influencia de la cantidad de forraje en el desempeño de los animales que consumían Norgold, se desarrolló un experimento, en el que cada dieta se identificó mediante la relación de ensilado de maíz y ensilado de alfalfa. Se utilizaron 23 dietas que contenían 100 % de ensilado de maíz; 38 que lo incluían entre 55 y 75 %; 19 que lo incorporaron entre 45 – 54 % y 16 que contenían, únicamente, ensilado de alfalfa o heno (0 % de ensilado de maíz) como fuente de forraje. Generalmente, se prefiere la combinación de forrajes para balancear los requerimientos

de nutrientes y ofrecer una fibra eficaz para la fermentación ruminal.

Según lo informado por Chen *et al.* (2004), el tipo de forraje no tiene efecto en el consumo de materia seca, producción de leche o composición de la grasa láctea. Sin embargo, el forraje sí afectó la composición de la proteína láctea. Las vacas alimentadas con dietas que contenían 55 – 75 % de ensilado de maíz, produjeron leche con la concentración más alta de proteína (3.04 %); las que consumieron 100 % de alfalfa/pasto y 0 % de ensilado de maíz, tuvieron la concentración más baja (2.72 %), y las alimentadas con 45 – 54 % y 100 % de ensilado de maíz produjeron leche con niveles intermedios (de 2.98 % y 2.82 %, respectivamente). Los animales que recibieron una mezcla de ensilado de maíz y ensilado alfalfa produjeron leche con mayor porcentaje de proteína láctea. Esto pudiera indicar que las dietas formuladas con una fuente de forraje son insuficientes en aminoácidos necesarios para maximizar el porcentaje de proteína láctea.

Relación forraje-concentrado. La relación entre forraje y concentrado puede afectar el desempeño de la lactación de la vaca lechera, cuando se incluyen los granos de destilería en la dieta. Para evaluar este efecto, se clasificaron los tratamientos en tres categorías: dietas que contenían menos de 50 % de forraje, dietas con 50 % de forraje y 50 % de concentrado, y dietas que contenían más de 50 % de forraje. No se afectó el consumo de materia seca, la producción de leche y el porcentaje de proteína láctea por la relación de forraje concentrado. Sin embargo, el porcentaje de grasa láctea se redujo en 0.36 % en las dietas con menos de 50 % de forraje.

FORMULACIÓN DE DIETAS CON BASE EN AMINOÁCIDOS

Finalmente, se evaluó el efecto de formular dietas basadas en aminoácidos. Este análisis incluyó experimentos en los que se añadió lisina y metionina o una fuente de lisina, como la harina de sangre, a las dietas protegidas contra el ataque de los microorganismos del rumen. La lisina puede ser deficiente en las dietas para vacas lecheras, donde las materias primas

de maíz sean los ingredientes predominantes. El porcentaje de proteína láctea tiende a incrementarse cuando se incluye una fuente de lisina en la dieta. Se requiere de investigaciones adicionales para determinar si la lisina, al incluirse en las dietas para vacas lecheras, permitiría cantidades adicionales de granos de destilería

CONCLUSIONES

Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 44, Número 2, 2010.

Lo antes expuesto reafirma la hipótesis de que la falta de forraje en la dieta es el factor que más contribuye a la reducción del porcentaje de grasa láctea, más que la inclusión de los granos de destilería. En la consideración inicial, los niveles de FND parecen adecuados, debido a la fibra proporcionada por los granos de destilería. Sin embargo, esta fibra tiene un tamaño de partícula pequeño, y no proporciona la fibra necesaria para la función ruminal normal. Cyriac *et al.* (2005) desarrollaron un experimento en la Universidad del Estado de Dakota del Sur, donde probaron directamente esta hipótesis. Conforme disminuía el forraje en la dieta, de 55 % a 34 %, disminuyó el porcentaje de grasa láctea linealmente, de 3.34 % a 2.85 %, aunque el porcentaje de FND permaneció similar en todas las dietas.

Alto contenido de aceite en los granos de destilería. Schingoethe *et al.* (1999) señalaron que contenido de aceite en los granos de destilería es una preocupación, cuando se incluyen en las dietas de vacas lecheras. En los granos de destilería, el aceite de maíz es relativamente alto en ácido linoleico, que es un ácido graso insaturado. Los altos niveles de aceite vegetal pueden causar biohidrogenación incompleta en el rumen, lo que resulta en una disminución de la grasa láctea.

En esta revisión de estudios no se encontró gran relación entre la inclusión de los granos de destilería en la dieta y la disminución de grasa láctea. Sin embargo, es posible que pudiera haber interacciones entre la concentración de aceite y la falta de fibra eficaz, que puede resultar en una disminución de la grasa láctea.

como alimento para el ganado, principalmente en lo referido a la amplia variabilidad que existe en cuanto a las características bromatológicas entre plantas. En este sentido, las principales empresas productoras y comercializadoras unen sus esfuerzos para disminuir o, al menos, controlar estas deficiencias.

Se sugiere realizar investigaciones en Cuba acerca de los granos secos de destilería y su utilización y efecto en la alimentación del ganado lechero.

Se agradece a la investigadora Mayulys Martínez, MSc. por su contribución a la escritura de este artículo.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la investigadora Mayulys Martínez, MSc. por su contribución a la escritura de este artículo.

REFERENCIAS

- Anon 2007. Consejo de granos de Estados Unidos. Manual granos de destilería deshidratados con solubles. Disponible: <http://www.grain.org>. Consultado 5/6/2008
- AURI 2005. Agricultural Utilization Research Institute. Distiller's Dried Grains Flowability Report. Waseca, MN.
- Beauchemin, K.A. & Yang, W.Z. 2005. Effects of physically effective fiber on intake, chewing activity, and ruminal acidosis for dairy cows fed diets based on corn silage. *J. Dairy Sci.* 88:2117
- Blas & García. 2006. Tamaño de partículas de los forrajes en la alimentación de vacas lecheras y conejos, bases fisiológicas y recomendaciones. Conferencia especializada. Barcelona. IX Concurso de especialización FEDNA
- Chen, Yuan-Kuo & Shurson, J. 2004. Evaluation of distiller's dried grains with solubles for lactating cows in Taiwan. Disponible <[http://www.ddgs.umn.edu/international-translations/Taiwanese%20\(Yuan-Kuo%20Chen%202004\).pdf](http://www.ddgs.umn.edu/international-translations/Taiwanese%20(Yuan-Kuo%20Chen%202004).pdf)> [Consultado: febrero de 2008]
- Cromwell, G.L., Herkleman, K.L. & Stahly, T.S. 1993. Physical, chemical, and nutritional characteristics of distillers dried grains with solubles for chicks and pigs. *J. Anim. Sci.* 71:679
- Cyriac, J., Abdelqader, M. M., Kalscheur, K. F., Hippen, A. R. & Schingoethe, D. J. 2005. Effect of replacing forage fiber with non-forage fiber in lactating dairy cow diets. *Poult. Sci.* 88:252
- Ergul, T., Martínez Amezcus, C., Parsons, C.M., Walters, B., Brannon, J. & Noll, S. L. 2003. Amino acid digestibility in corn distillers dried grains with solubles. *Poult. Sci.* 82:70
- Erickson, G.E., Klopfenstein, T.J., Adams, D.C. & Rasby, R.J. 2005. General overview of feeding corn milling co-products to beef cattle. En: *Corn Processing Co-Products Manual*. University of Nebraska. Lincoln, NE, USA.
- Ganesan, V. K. Rosentrater, A. & Muthukumarappan, K. 2005. Effect of moisture content and soluble levels on the physical and chemical properties of DDGS. ASAE paper No. 056110. St. Joseph, MI.
- Kalscheur, K. F. 2005. Impact of feeding distillers grains on milk fat, protein, and yield. Distillers Grains Technology Council. 9th Annual Symposium. Louisville, KY.
- Krause, K.M., Combs, D.K. & Beauchemin, K.A. 2002. Effects of forage particle size and grain ferment ability in midlactation cows. II. Ruminal pH and chewing activity. *J. Dairy Sci.* 85: 1947
- Leonardi, C., Stevenson, M. & Armentano, L.E. 2003. Effect of two levels of crude protein and methionine supplementation on performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86:4033
- Loosli, J. K., Turk, K. L. & Morrison, F. B. 1952. The value of distillers feeds for milk production. *J. Dairy Sci.* 35:868
- Noll, S., Parsons, C. & Walters, B. 2006. What's new since September 2005 in feeding distillers co-products to poultry. Proc. 67th Minnesota Nutrition Conference & University of Minnesota Research Update Session: Livestock Production in the New Millennium. p. 149
- NRC. 1996. National Research Council. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7th Revised. Ed. National Academy Press, Washington, DC
- NRC. 2001. National Research Council. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th Revised Ed. National Academy of Sci. Washington, D.C.
- Pederson, C., Pahn, A. & Stein, H.H. 2005. Effectiveness of *in vitro* procedures to estimate CP and amino acid digestibility coefficients in dried distillers grain with solubles by growing pigs. *J. Anim. Sci.* 83:39
- Powers, W.J., Van Horn, H.H. Harris, Jr. & Wilcox, C.J. 1995. Effects of variable sources of distillers grains plus solubles on milk yield and composition. *J. Dairy Sci.* 78:388
- Reese, D. E. & Lewis, A. J. 1989. Nutrient content of nebraska. Cooperative Extension Service EL 89-219, p. 5-7
- Robinson, P. H. 2005. Ethanol industry co-products: milling process, nutrient content and variation. ASAS. Midwest meeting, Des moines, IA
- Rosentrater, K.A. 2006. Understanding Distiller's grain Storage, Handling, and Flowability Challenges. *Distiller's Grains Quarterly*. First Quarter. p. 18
- Schingoethe, D.J., Brouk, M.J. & Birkelo, C.P. 1999. Milk production and composition from cows fed wet corn distillers grains. *J. Dairy Sci.* 82:574
- Spiels, M.J., Whitney, M.H. & Shurson, G.C. 2002. Nutrient database for distiller's dried grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. *J. Anim. Sci.* 80:2639

Recibido: 25 de octubre de 2008