

CO- PRODUCTOS DEL ETANOL PARA LAS DIETAS DEL GANADO

Kenneth Kalscheur y Álvaro García¹. 2013. Dairy Science Department, SDSU Kurt Rosentrater, USDA. Agriculture Research Service. Cody Wright, Department of Animal and Range Science, SDSU. 1.- Dr. en Cs. Vet., Brookings, South Dakota, EE.UU.

www.produccion-animal.com.ar

Volver a: [Composición de los alimentos y requerimientos](#)

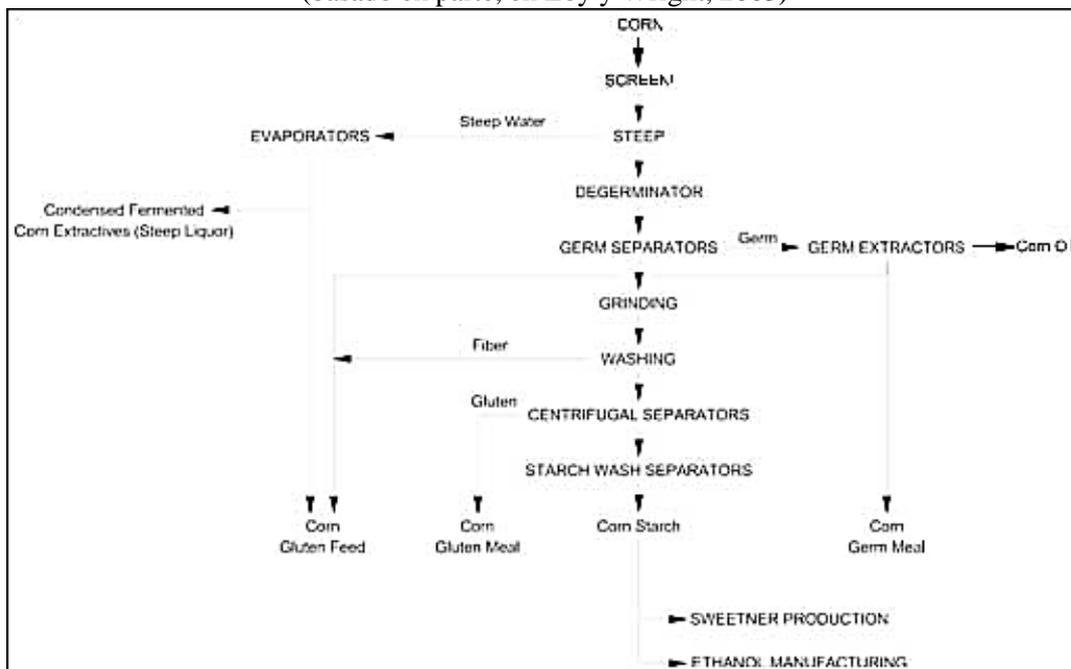
INTRODUCCIÓN

El crecimiento rápido de la industria del etanol en los Estados Unidos ha generado grandes cantidades de co-productos del etanol que se encuentran disponibles como alimento para el ganado. Estos co-productos se agregan a menudo a las dietas como fuentes de proteína y energía. La proteína suministrada puede degradarse en el rumen en grado variable, dependiendo del co-producto, mientras que la energía es suministrada por la grasa y la fibra fermentable. La concentración mineral en los co-productos puede también ser variable. Esto debe tomarse en cuenta al formular dietas para el ganado para prevenir una concentración excesiva de minerales. Con el desarrollo continuo de la industria del etanol, co-productos nuevos y otros modificados aparecerán en el mercado. Es necesario definir estos productos del punto de vista nutricional para determinar su uso en las dietas del ganado.

PRODUCCIÓN DE ETANOL (MOLIENDA HÚMEDA Y SECA)

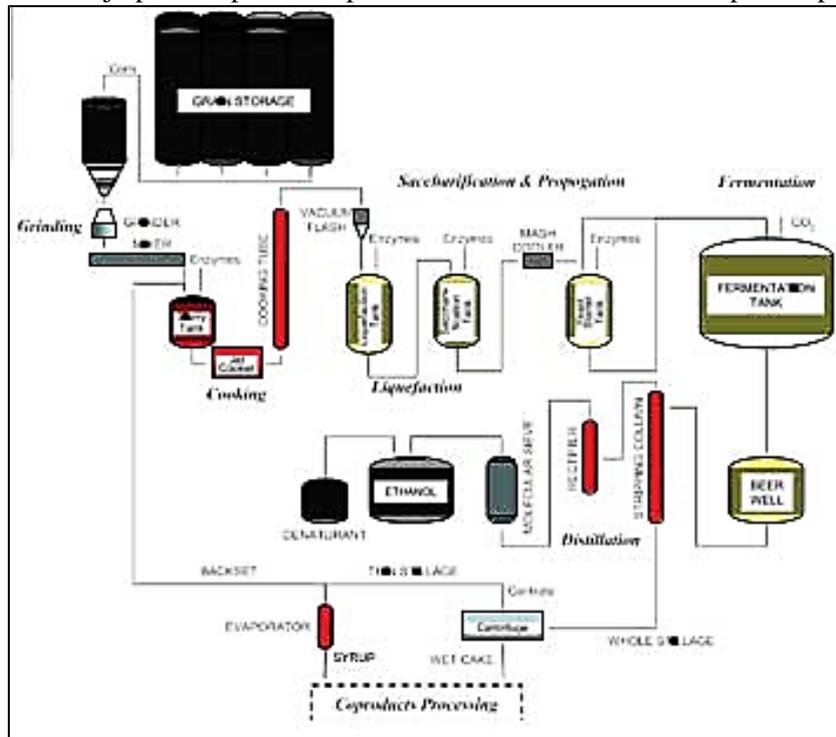
Dos tecnologías principales se usan para producir etanol: 1) molienda húmeda y 2) molienda seca. El proceso de molienda húmeda ha sido revisado exhaustivamente por Johnson y May (2003). Este proceso (fig. 1) consiste en sumergir en agua el maíz para humedecerlo y ablandar el grano. A continuación sigue la molienda, y luego la separación de los componentes del grano por medio de procesos que incluyen lavado, cernido, filtrado y centrifugado. Históricamente los productos primarios finales obtenidos de la molienda húmeda del maíz son el almidón industrial de maíz, el cual es utilizado para edulcorantes, aceite de maíz y etanol (Johnson y May 2003). Los productos finales adicionales de la molienda húmeda incluyen varios co-productos alimenticios, como ser el glutenfeed (CGF), el gluten meal (CGM), la harina de germen (CGM), y el extracto de maíz condensado y fermentado (CFCE) (Loy y Wright 2003). Los co-productos obtenidos de la molienda húmeda del maíz constituyen aproximadamente el 30% del grano de maíz original (por lo general 24% es convertido en CGF mientras que un 6% termina como CGM); cerca del 66% del grano de maíz es en realidad convertido a almidón; y 4% termina como aceite de maíz (Johnson y May 2003). Estos co-productos, sin embargo, son bien diferentes del grano de destilería que es un co-producto del procesamiento seco del grano.

Figura 1. Diagrama de flujo para un proceso típico de molienda húmeda del maíz (basado en parte, en Loy y Wright, 2003)



Debido a su menor inversión y requerimientos operativos, y debido a los avances en la tecnología de la fermentación el proceso de molienda seca (fig. 2) se ha convertido en el método primario para la producción de etanol. Durante el proceso de fermentación tradicional para la producción de etanol por molienda seca se usa el grano de maíz entero (Bothast y Schlicher 2005). El maíz es cernido y luego molido a harina de tamaño de partícula de media a gruesa en un molino a martillo.

Figura 2. Diagrama de flujo para un proceso típico de molienda seca del maíz para la producción de etanol



La harina resultante se combina con agua para formar una pasta, la que es entonces cocida y esterilizada para matar las bacterias no deseables. Una vez enfriada, se agregan levaduras que convierten la glucosa a etanol y dióxido de carbono. El etanol entonces se extrae en el proceso de destilación y el agua remanente y los sólidos se recogen como “stillage”. Este último puede ser prensado, pero que por lo general se lo centrifuga para separar los sólidos más groseros del líquido. Al líquido se le llama soluble de destilería, o “stillage” fino. Al “stillage” fino a menudo se lo concentra en un evaporador y se lo convierte en solubles condensados de destilería (CDS), a los que también se les llama jarabe o sirope. Los sólidos más gruesos, o torta húmeda, son recogidos de la centrífuga y se conocen como granos húmedos de destilería (WDG). Los granos húmedos de destilería y los CDS se combinan para formar los granos húmedos de destilería con solubles (WDGS) que se pueden secar para formar los DDGS. Como regla general, cada bushel de maíz (56 lb.) se va a convertir en aproximadamente 2.8 galones de etanol, 18 lb. de dióxido de carbono y 18 lb. de DGS. En otras palabras, cada grano de maíz va a resultar en cerca de 1/3, 1/3, y 1/3 de los productos finales, respectivamente. Numerosas compañías están desarrollando modificaciones a este proceso de molienda seca, y estas innovaciones resultan en el desarrollo de nuevos co-productos que pueden usarse en las dietas del ganado.

COPRODUCTOS DE LA MOLIENDA HÚMEDA

Los procesos en la molienda húmeda son considerablemente diferentes que aquellos de la molienda seca de las plantas de etanol.

Esto resulta en co-productos de diferente perfil nutricional. Los co-productos principales resultantes de la molienda húmeda incluyen el glutenfeed (CGF), gluten meal (CGM), harina de germen (CGM), y los extractivos condensados fermentados de maíz (CFCE, también llamados “licor de maíz fermentado” (steep liquor) (Loy y Wright 2003). La composición nutricional de los co-productos de la molienda húmeda aparece en la tabla 1.

Tabla 1. Composición nutricional (base seca) de co-productos industriales de la molienda húmeda.

| Item ¹ , % | Co-productos ² | | | | | | Harina de germen ⁴ | Licor de maíz fermentado ⁵ |
|-----------------------|---------------------------|-------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| | CGF ³ Seco | CGF ³ Húmedo | CGM ³ | CGM ³ | CGM ³ | CGM ³ | | |
| MS, % de la dieta | 89.4 | 89.2 | 42.0 | 86.4 | 91.6 | 90.6 | 52.5 | |
| PC | 23.8 | 24.0 | 25.9 | 65.0 | 66.6 | 24.4 | 44.2 | |
| NDF | 35.5 | 36.0 | 37.5 | 11.1 | 8.6 | 41.8 | 2.3 | |
| ADF | 12.1 | 11.2 | 11.8 | 8.2 | 4.7 | 14.7 | 0.7 | |
| Almidón | ... | 15.7 | 11.3 | ... | 15.7 | 20.4 | ... | |
| lípidos | 3.5 | 3.9 | 3.1 | 2.5 | 2.9 | 9.0 | 0.8 | |
| Ceniza | 6.8 | 7.4 | 7.7 | 3.3 | 3.2 | 3.6 | 10.5 | |
| Ca | 0.07 | 0.13 | 0.06 | 0.06 | 0.09 | 0.06 | 0.08 | |
| P | 1.00 | 1.06 | 1.36 | 0.60 | 0.54 | 0.82 | 2.04 | |
| Mg | 0.42 | 0.43 | 0.57 | 0.14 | 0.08 | 0.26 | 0.75 | |
| K | 1.46 | 1.48 | 1.96 | 0.46 | 0.27 | 0.66 | 2.89 | |
| S | 0.44 | 0.52 | 0.55 | 0.86 | 0.85 | 0.29 | 1.90 | |
| NDT | 74.1 | 73.2 | 72.4 | 84.4 | 87.2 | 79.4 | ... | |
| EN, Mcal/lb | 0.78 | 0.77 | 0.76 | 1.08 | 0.92 | 0.87 | 0.85 | |
| EN, Mcal/lb | 0.85 | 0.78 | 0.76 | 1.15 | 0.98 | 0.88 | ... | |
| EN, Mcal/lb | 0.56 | 0.50 | 0.49 | 0.81 | 0.67 | 0.58 | ... | |

¹Nutrientes: MS = materia seca, PC = proteína cruda, NDF = Fibra detergente neutro, y ADF = fibra detergente ácido.
²Co-productos: CGF = gluten feed de maíz y CGM = gluten meal de maíz.
³NRC Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 7th Rev. Ed. (2001).
⁴Analizado por Dairy One Forage Lab de Mayo 2000 a Abril 2008 (Número de muestras de CGF seco - 230 a 803 dependiendo del nutriente analizado; Número de muestras de CGF húmedo - 105 to 489; Número de muestras de CGM - 42 a 257; Número de muestras de harina de germen - 50 a 205).
⁵DeFrain et al. (2003).

GLUTEN FEED DE MAÍZ

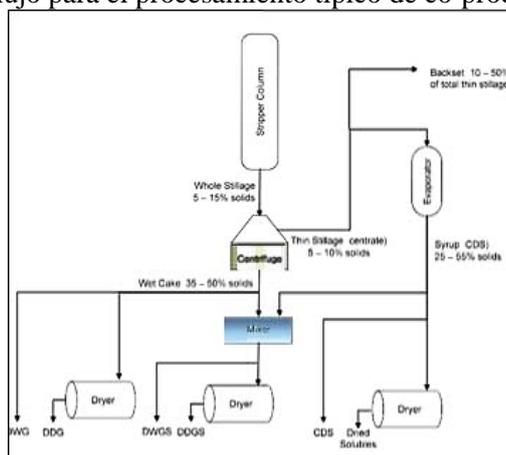
El glutenfeed de maíz (CGF) está compuesto primariamente de la porción del grano que queda luego que el almidón, gluten, y germen han sido extraídos. Se lo produce combinando lo que queda de afrecho de maíz con “licor de maíz fermentado” y aparece comúnmente disponible tanto como CGF seco o húmedo. La composición en nutrientes puede variar para las diferentes plantas, dependiendo de la cantidad y tipo de “licor de maíz fermentado” agregado al afrecho (Wickersham et al. 2004). Por ejemplo, CGF es comúnmente reportado como que tiene aproximadamente 24% de PC (PC) (NRC 2001), si bien otros han reportado 16.5% PC (Wickersham et al. 2004). La proteína en el CGF es predominantemente degradable en el rumen (RDP) y se piensa tiene un porcentaje de la PC como RDP similar a la harina de soja. El glutenfeed de maíz es reconocido como una fuente de fibra digestible haciéndolo un ingrediente común en las dietas de los rumiantes.

Esta fibra detergente neutro (NDF) digestible es usada a menudo en reemplazo del maíz. Una preocupación en lo concerniente al uso del CGF en las dietas de los ruminantes es la alta concentración de fósforo (a menudo superior al 1%). La excreción de fósforo aumenta si las dietas se formulan excediendo los requerimientos de fósforo de los animales.

GLUTEN MEAL DE MAÍZ

El gluten meal de maíz (CGM) está compuesto primariamente de la porción de proteína del gluten separada del almidón luego de la extracción del germen y fibra. Es alto en PC y bajo en fibra (tabla 1), haciéndolo un ingrediente común en las dietas de los animales no-rumiantes. Cuando se lo suministra a los rumiantes, es importante recordar que la PC es de muy baja degradación en el rumen. La concentración en minerales, especialmente azufre, puede ser alta.

Figura 3. Diagrama de flujo para el procesamiento típico de co-productos de la molienda seca



HARINA DE GERMEN DE MAÍZ

La harina de germen resulta de la extracción por solventes del aceite contenido en la totalidad del germen. Es a menudo alta en fibra con niveles moderados de PC, lípidos y almidón (tabla 1). La harina de germen es altamente digestible y es un ingrediente común en las dietas de animales no rumiantes. De los minerales, el fósforo puede ser particularmente alto ya que el fósforo en el maíz se concentra en el germen. Debe tenerse en cuenta que los nuevos procesos de fraccionamiento en las plantas de etanol de molido seco también están generando un producto nuevo de germen de maíz. La composición de nutrientes de la harina de germen derivada de la molienda húmeda y el germen de maíz de la molienda seca puede ser considerablemente diferente, es por lo tanto importante obtener un análisis de nutrientes de los alimentos antes de su uso.

LICOR DE MAÍZ FERMENTADO (STEEP LIQUOR)

El licor de maíz fermentado (también conocido como extractivos fermentados de maíz) es la fracción líquida obtenida del proceso de fermentación del maíz. El licor de maíz fermentado es una mezcla de proteína soluble, carbohidratos, vitaminas y minerales. La fracción nitrogenada es rica en aminoácidos libres y péptidos pequeños. De los minerales, el licor de maíz fermentado es muy rico en fósforo, potasio y azufre.

CO-PRODUCTOS DE MOLIENDA SECA

Los granos de destilería con solubles (DGS) son el co-producto alimenticio primario resultante de la molienda seca de las plantas de etanol y pueden producirse con soluble tanto secos (DDGS) como húmedos (WDGS). Debe tenerse en cuenta que la definición de la AAFCO (2002) de DGS coloca en Inglés la denominación (húmedo o seco) luego de la palabra “destilería” y antes de la palabra “granos.” Por ejemplo, la denominación de WDGS y DWGS se usa a menudo indistintamente en la industria alimentaria. Otros granos de cereales tales como el sorgo, trigo y cebada, se pueden usar para producir etanol, si bien el maíz es el grano predominante en los Estados Unidos. En la definición de DGS de la AAFCO el grano predominante es la primer palabra del nombre antes de “DGS”.

Tabla 2. Composición en nutrientes (base MS) de granos secos de destilería con solubles (DDGS), de varias referencias.

| Item, ¹ % | NRC (1989) ² | NRC (2001) ² | Harty (1998) ⁴ | Spiehs (2002) ⁵ | Holt (2004) ⁶ | Dairy One ⁷ |
|----------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|------------------------|
| MS, % de la dieta | 92 | 90.2 | 92.7 | 88.9 | 90.0 | 88.0 |
| PC | 25 | 29.7 | 30.1 | 30.2 | 33.3 | 30.7 |
| NDF | 44 | 38.8 | 48.8 | 42.1 | 42.7 | 33.5 |
| ADF | 18 | 19.7 | 15.5 | 16.2 | 13.2 | 16.8 |
| Almidón | ... | ... | ... | ... | ... | 5.6 |
| Lípidos | 10.3 | 10.0 | 10.5 | 10.9 | 13.1 | 13.1 |
| Ceniza | 4.8 | 5.2 | 4.3 | 5.8 | 4.1 | 5.9 |
| Ca | 0.15 | 0.22 | ... | 0.06 | ... | 0.08 |
| P | 0.71 | 0.83 | ... | 0.89 | 0.74 | 0.90 |
| Mg | 0.18 | 0.33 | ... | 0.33 | 0.31 | 0.32 |
| K | 0.44 | 1.10 | ... | 0.94 | 0.91 | 1.07 |
| S | 0.33 | 0.44 | ... | 0.47 | 0.48 | 0.65 |
| NDT | 88 | 79.5 | ... | ... | ... | 83.5 |
| NE, Mcal/lb | 0.93 | 0.89 | ... | ... | ... | 0.94 |
| NE, Mcal/lb | 0.99 | 1.02 | ... | ... | ... | 0.99 |
| NE, Mcal/lb | 0.68 | 0.64 | ... | ... | ... | 0.68 |

¹Nutrientes: MS = materia seca, PC = proteína cruda, NDF = Fibra detergente neutro, y ADF = fibra detergente ácido, NDT = nutrientes digestibles totales, y ENG = energía neta para ganancia.

²NRC Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 6th Rev. Ed. (1989).

³NRC Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 7th Rev. Ed. (2001).

⁴Muestras de 8 plantas de etanol en Minnesota, South Dakota y Nebraska.

⁵Muestras de 10 plantas de etanol en Minnesota y South Dakota cada 2 meses y durante 3 años.

⁶Muestras de 4 plantas de etanol en Minnesota durante 3 meses consecutivos.

⁷Analizado por Dairy One Forage Lab de Mayo 2000 a Abril 2008 (Número de muestras – 1,646 a 3,971 dependiendo del nutriente analizado).

Para formular las dietas para el ganado es muy importante tener un conocimiento preciso acerca de la composición de los co-productos del etanol. El análisis del contenido en nutrientes de los co-productos comprados es altamente recomendable pero no siempre práctico para cada partida. Esta información puede también ser suministrada por la planta de etanol. Las tablas 2, 3 y 4 muestran la composición en nutrientes de los co-productos del etanol de plantas localizadas en la parte superior del Medio-oeste. Los valores del NRC son datos de libro publicados en el Nutrient Requirements of Dairy Cattle (1989, 2001). Investigadores de South Dakota State University (Holt and Pritchard 2004), University of Minnesota (Harty et al. 1998; Spiehs et al. 2002), y University of Wisconsin (Kaiser 2005) han analizado muestras de DGS de numerosas plantas en Minnesota, Nebraska, South Dakota y Wisconsin. La composición en nutrientes de los co-productos del etanol es influida por factores que incluyen

el tipo y calidad del grano, la molienda y los procesos de fermentación, la temperatura de secado, y la cantidad de solubles agregados nuevamente al co- producto húmedo antes de secarlo.

Granos de destilería con soluble (DDGS) (foto cortesía de USDA ARS)



GRANO SECO DE DESTILERÍA CON SOLUBLES

Los granos secos de destilería con solubles (DDGS) se obtienen mediante la combinación de WDG con CDS y luego secando la mezcla. Los co-productos del etanol han cambiado significativamente desde los 1980s (y antes), cuando los co-productos derivaban principalmente de la industria del whisky. Desde mediados de los 1990s ha habido un crecimiento significativo en la industria de producción de etanol. A los DDGS producidos en estas plantas se los denomina a veces como DDGS de “nueva generación”. La composición nutritiva de estos DDGS comparada con valores de los DDGS del pasado es diferente. Por ejemplo, los DDGS producidos por plantas modernas de etanol de molienda seca por lo general contienen más proteína y energía que los valores de referencia anteriores (NRC 1989). La versión más nueva del NRC (2001) para ganado lechero lista la proteína cruda (CP) como en 29.7% para los DDGS, un valor cercano a aquel más comúnmente reportado en la práctica (tabla 2). La PC promedio para los DDGS es de aproximadamente 30%, pero estos estudios muestran que no son extraños valores promedio que oscilen entre el 27 y el 34%. Los granos de destilería con solubles son también una buena fuente de proteína no-degradable en el rumen (RUP). El rango de valores más frecuentemente observado va del 47% al 57% de RUP; sin embargo, trabajos de investigación más recientes sugieren que el RUP puede ser más elevado. En investigaciones conducidas por South Dakota State University se determinó que el RUP de 5 fuentes de DDGS diferentes varió de 59.1 a 71.7% (Kleinschmit et al. 2007). Una preocupación para los nutrólogos es que la concentración de lípidos en todas las formas de DGS (secas o húmedas) pueden variar mucho, y pueden ser superiores al 12%, superiores a los valores reportados por el NRC (2001). Los granos de destilería reflejan la composición del aceite de maíz, con un alto nivel de insaturación a predominancia de ácido linoleico (C18:2). Por último, los DGS suministran una concentración significativa de minerales, que pueden ser un desafío para el manejo de los planes ambientales de nutrientes al suministrarlos por encima de los requerimientos del animal. La mayoría de los DGS tradicionales contienen entre 0.65 y 0.95% de fósforo, por lo tanto los requerimientos de los animales para este mineral son fácilmente cubiertos al incluir DGS en la dieta. El otro mineral que puede ser altamente variable es el azufre. Una concentración alta de azufre en el alimento y agua puede resultar en desórdenes del sistema nervioso central (conocidos como polioencephalomalacia), que pueden llevar a una performance pobre o la muerte. Por lo tanto la ingesta total de azufre (agua más alimento) debe ser monitoreada.

Tabla 3. Composición nutricional (base seca) de varias fuentes de granos de destilería húmedos con solubles (WDGS) granos de destilería con solubles modificado (MWDG) y soluble de destilería condensados (CDS).

| Item, ¹ % | Holt (2004) ² | Kaiser (2005) ³ | Dairy One ⁴ | SDSU ⁵ | Dairy One ⁴ | SDSU ⁵ |
|----------------------|--------------------------|----------------------------|------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|
| Tipo de alimento | WDG | WDG | WDG | MWDG | CDS | CDS |
| MS, % de la dieta | 31.4 | 35.6 | 31.4 | 51.9 | 31.1 | 27.2 |
| PC | 35.5 | 26.7 | 29.8 | 26.6 | 20.4 | 22.0 |
| NDF | 42.3 | 30.2 | 29.9 | 24.4 | 4.0 | 5.3 |
| ADF | 12.1 | ... | 14.7 | 10.5 | 1.9 | 3.1 |
| Almidón | ... | ... | 6.7 | 8.7 | 5.8 | ... |
| lípidos | 12.1 | 10.5, 16.4 | 12.6 | 11.1 | 18.5 | 21.7 |
| Ceniza | 3.8 | 5.6 | 5.5 | 6.2 | 9.8 | 11.8 |
| Ca | ... | 0.1 | 0.07 | 0.04 | 0.07 | 0.12 |
| P | 0.59 | 0.9 | 0.85 | 0.77 | 1.51 | 1.61 |
| Mg | 0.24 | 0.3 | 0.32 | 0.37 | 0.62 | 0.90 |
| K | 0.63 | 1.2 | 0.99 | 1.14 | 2.18 | 2.47 |
| S | 0.38 | ... | 0.58 | 0.80 | 1.14 | 1.96 |
| NDT | ... | ... | 85.2 | ... | 103.5 | ... |
| EN, Mcal/lb | ... | ... | 0.96 | ... | 1.19 | ... |
| EN, Mcal/lb | ... | ... | 1.01 | ... | 1.29 | ... |
| EN, Mcal/lb | ... | ... | 0.70 | ... | 0.93 | ... |

¹Nutrientes: MS = materia seca, PC = proteína cruda, NDF = Fibra detergente neutro, y ADF = fibra detergente ácido, NDT = nutrientes digestibles totales, y ENG = energía neta para ganancia.
²Muestras de 3 plantas de etanol de South Dakota y Minnesota durante 3 meses consecutivos.
³Muestras de 3 plantas de etanol en Wisconsin durante 9 meses. Los lípidos fueron medidos por dos laboratorios diferentes resultando en dos valores diferentes.
⁴Analizado por Dairy One Forage Lab de Mayo 2000 a Abril 2008 (Número de muestras de WDG - 571 a 1,532 dependiendo de los nutrientes analizados; Número de muestras de CDS - 212 a 615 dependiendo de los nutrientes analizados).
⁵WDG modificados usados en un experiment de South Dakota State University.
⁶Promedio de CDS usado en 2 experimentos de South Dakota State University.

GRANO HÚMEDO DE DESTILERÍA CON SOLUBLES

Los granos húmedos de destilería con solubles (WDGS) se venden como alimento antes de ser secados. Los granos de destilería tradicionales contenían 30 a 35% de MS (tabla 3) y tienen una composición similar en nutrientes que los DDGS. Como queda demostrado en la tabla 3, la composición en nutrientes de los WDGS puede variar considerablemente — como lo muestran las diferencias reportadas en los estudios de Holt y Pritchard (2004) y Kaiser (2005). Estos co-productos húmedos a menudo se ofrecen a precio más bajo en base a la MS cuando se los compara con los DDGS, pero el productor debe determinar si los WDGS pueden ser utilizados con éxito en su finca. Existen beneficios del uso de WDGS, particularmente debido a su alta palatabilidad y a como pueden “acondicionar” las dietas particularmente secas. Las raciones totales mezcladas que contienen 10 a 20% de WDG en base a la MS mantienen una mayor homogeneidad ya que las partículas se adhieren. Desde un punto de vista práctico, esto resulta en menor separación de las partículas y menor selección por parte del ganado. Algunos desafíos que los productores deben enfrentar incluyen 1) métodos para conservar y 2) equipamiento para manejar los WDGS en la granja.

Granos húmedos de destilería con soluble (WDGS).



GRANO HÚMEDO DE DESTILERÍA CON SOLUBLES MODIFICADO

Los granos húmedos de destilería con solubles modificados (MWDG) son granos de destilería que han sido sometidos a un secado parcial o que han sido completamente secados a DDGS y se les ha agregado nuevamente los CDS para alcanzar una mayor humedad en el producto. La materia seca de los MWDG se encuentra por lo general entre 45 y 55%. La composición nutricional es por lo general similar a la reportada para los WDGS y DDGS (tabla 4), pero puede variar dependiendo de factores de procesamiento, especialmente la cantidad de solu-

bles agregados nuevamente al grano húmedo. La composición en nutrientes de los MWDG puede variar significativamente entre plantas; por lo tanto, el análisis nutricional es altamente recomendable antes de usarlo en dietas específicas.

Tabla 4. Composición en nutrientes (base MS) de co-productos del maíz de reciente desarrollo a partir de la industria del etanol.

| Item, ¹ % | HP DDG ² | Gérmén de maíz ³ | Afrecho ⁴ | Sin aceite DDGS ⁵ |
|----------------------|---------------------|-----------------------------|----------------------|------------------------------|
| MS, % de la dieta | 91.7 | 91.1 | 89.0 | 86.0 |
| PC | 43.2 | 16.3 | 14.6 | 34.5 |
| NDF | 24.2 | 23.2 | 30.4 | 45.0 |
| ADF | 12.2 | 8.2 | ... | 12.9 |
| Lípidos | 3.9 | 17.3 | 9.8 | 3.5 |
| Ceniza | 2.4 | 6.0 | 4.6 | 5.2 |
| Ca | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.16 |
| P | 0.48 | 1.49 | 0.65 | 0.85 |
| Mg | 0.13 | 0.60 | 0.29 | 0.37 |
| K | 0.47 | 1.62 | 1.12 | 1.02 |
| S | 0.88 | 0.21 | 0.75 | 0.82 |

¹Nutrientes: MS = materia seca, PC = proteína cruda, DF = Fibra detergente neutro, y ADF = Fibra detergente ácido.
²HP DDG = Grano seco de destilería de alta proteína (Dakota Gold HP). Los análisis son de www.dakotagold.com.
³Gérmén de maíz = Gérmén de maíz deshidratado (Dakota Germ). Los análisis son de www.dakotagold.com.
⁴Afrecho = Afrecho de grano de maíz (Dakota Bran). Los análisis son de www.dakotagold.com. y Janicek et al. (2007).
⁵DDGS sin aceite tienen los lípidos parcialmente extraídos luego de la fermentación (análisis SDSU).

SOLUBLES DE DESTILERÍA CONDENSADOS

A los solubles de destilería condensados (CDS) se los denomina también a menudo “jarabe o “sirope.” Contienen una concentración de MS similar a aquella del WDG (27 a 35%). Comparado con otros tipo de grano de destilería, los CDS tienen mayor contenido en lípidos (y en consecuencia energía), menor contenido en carbohidratos fermentables (tales como fibra), pero mayor contenido en minerales (tabla 3). Los minerales tales como fósforo, potasio, y azufre se encuentran en una proporción mayor en los CDS en comparación con la porción sólida de los granos.

Por tanto, cuanto más CDS se agregan a los granos, los lípidos y minerales aumentan, pero la PC disminuye en el co-producto final. Este producto se puede vender por separado, pero la mayoría de las plantas de etanol lo agregan de nuevo durante el proceso de obtención de WDG y/o DDGS. Los solubles de destilería condensados pueden también secarse para crear los solubles de destilería secos.

OTROS CO-PRODUCTOS DEL ETANOL

Hasta recientemente, la mayoría de los co-productos del maíz provenían de la molienda seca tradicional en las plantas de etanol o de la industria de la molienda húmeda. Con el desarrollo de nuevos procesos, han aparecido nuevos co-productos de estas plantas de etanol. En uno de estos ejemplos, el maíz se muele en distintas fracciones antes de su fermentación de manera de canalizar los productos resultantes hacia distintos procesos (Gibson y Karges 2006). Este fraccionamiento resulta en nuevos productos finales tales como los DDG de alta proteína (HP DDG), germen de maíz deshidratado, y afrecho de maíz. Otro producto resulta del jarabe vuelto a agregar al afrecho, resultando en lo que se comercializa como torta de afrecho (Gibson y Karges 2006). Ejemplos de estos alimentos aparecen en la tabla 4. Estos productos son registrados en forma privada y por lo tanto específicos para cada compañía individual. Como resultado, la composición en nutrientes de estos productos puede variar significativamente, dependiendo de la compañía de origen.

Cada una de estas fracciones contiene nutrientes específicos para el proceso del cual se origina. El afrecho es la cubierta del grano de maíz; por lo tanto va a contener más fibra, pero menos proteína. El germen es extraído porque tiene menor concentración de almidón pero es rico en lípidos y fósforo. Sin embargo, como el germen no sigue el proceso de fermentación y no se combina con los CDS, contiene bastante menos azufre que otros productos.

RESÚMEN

Los co-productos del etanol pueden ser alimentos económicos para las dietas de los rumiantes. Sin embargo, como su composición en nutrientes puede variar considerablemente es crítico analizarlos cuando se los use para formular dietas para el ganado. Se espera que a medida que en los años próximos se desarrollen nuevos procesos para la obtención de etanol, también se desarrollen nuevos co-productos. Estos co-productos es muy probable tengan una composición nutricional única y requieran del análisis de los nutrientes para determinar como encajan en las dietas para el ganado.

REFERENCIAS

- AAFCO. 2002. Official Publication. Association of American Feed Control Officials, Inc., Oxford, IN.
- Bothast, R. J. and M. A. Schlicher. 2005. Biotechnological processes for conversion of corn into ethanol. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 67:19-25.
- Dairy One Forage Lab. <http://www.dairystone.com>. Accessed May 2008.
- DeFrain, J. M., J. E. Shirley, K. C. Behnke, E. C. Titgemeyer, and R. T. Ethington. 2003. Development and evaluation of a pelleted feedstuff containing condensed corn steep liquor and raw soybean hulls for dairy cattle diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 107:75-86.
- Gibson, M. L. and K. Karges. 2006. By-products from non-food agriculture: Technicalities of nutrition and quality. Pages 209-227 in *Recent Advances in Animal Nutrition*. Nottingham University Press, Nottingham, UK.
- Harty, S. R., J-M. Akayezu, J. G. Linn, and J. M. Cassady. 1998. Nutrient composition of distillers grains with added solubles. *J. Dairy Sci.* 81:1201. (Abstr)
- Holt, S. M. and R. H. Pritchard. 2004. Composition and nutritive value of corn co-products from dry milling ethanol plants. *South Dakota Beef Report, BEEF 2004-01*, pp. 1-7. http://ars.sdstate.edu/extbeef/2004/BEEF_2004-01_Pritchard.pdf. Accessed Feb. 2008.
- Janicek, B. N., P. J. Kononoff, A. M. Gehman, K. Karges, and M. L. Gibson. 2007. Short Communication: Effect of increasing levels of corn bran on milk yield and composition. *J. Dairy Sci.* 90:4313-4316.
- Johnson, L. A. and J. B. May. 2003. Wet milling: the basis for corn biorefineries. Pages 449-494 in *Corn Chemistry and Technology*. P. J. White and L. A. Johnson (eds). American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, MN.
- Kaiser, R. M. 2005. Variation in composition of distillers wet grains with solubles. *Proceedings of the 4-State Dairy Nutrition & Management Conference, Dubuque, IA*, pp. 191-197.
- Kleinschmit, D. H., J. L. Anderson, D. J. Schingoethe, K. F. Kalscheur, and A. R. Hippen. 2007. Ruminant and intestinal degradability of distillers grains plus solubles varies by source. *J. Dairy Sci.* 90:2909-2918.
- Loy, D. D. and K. N. Wright. 2003. Nutritional properties and feeding value of corn and its by-products. Pages 571-603 in *Corn Chemistry and Technology*. P. J. White and L. A. Johnson (eds). American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, MN.
- National Research Council (NRC). 1989. *Nutrient Requirements of Dairy cattle*. 6th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.
- National Research Council (NRC). 2001. *Nutrient Requirements of Dairy cattle*. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.
- Spiehs, M. J., M. H. Whitney, and G. C. Shurson. 2002. Nutrient database for distillers dried grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. *J. Anim. Sci.* 10:2639-2645.
- Wickersham, E. E., J. E. Shirley, E. C. Titgemeyer, M. J. Brouk, J. M. DeFrain, A. F. Park, D. E. Johnson, and R. T. Ethington. 2004. Response of lactating dairy cows to diets containing wet corn gluten feed or a raw soybean hull-corn steep liquor pellet. *J. Dairy Sci.* 87:3899-3911.

[Volver a: Composición de los alimentos y requerimientos](#)