



## El azufre en los granos de destilería para el ganado lechero

D. Schingoethe, A. Garcia, K. Kalscheur, and A. Hippen, Department of Dairy Science, SDSU  
K. Rosentrater, Agricultural Research Service

El azufre es un elemento esencial que los animales necesitan para muchas funciones. Cerca del 0.15% del peso corporal es azufre. Se encuentra en los aminoácidos metionina, cisteína, cistina, homocisteína y taurina; en el condroitín sulfato del cartílago y en las vitaminas del complejo B tiamina y biotina. La metionina, tiamina y biotina no pueden sintetizarse en los tejidos del ganado, deben por lo tanto ser suministradas con la dieta o sintetizadas por los microorganismos del rumen. El contenido en azufre de la mayor parte de los alimentos refleja el contenido en aminoácidos azufrados de sus proteínas. En la tabla 1 hay ejemplos de la concentración de azufre en varios alimentos.

La vaca necesita azufre en la dieta principalmente para suministrar un sustrato adecuado para un máximo crecimiento microbiano ruminal. Las concentraciones de azufre recomendadas en la dieta para el ganado lechero son de 0.20% de la materia seca de la dieta (NRC 2001). Se recomiendan concentraciones más altas (0.29%) para los terneros que consumen leche o sustituto lácteo. Para una utilización eficiente del nitrógeno no proteico de la dieta la proporción entre nitrógeno y azufre debe ser entre 10 y 12:1. Cuando se suplementa con cantidades significativas de fuentes de proteína no degradable en el rumen esta proporción entre nitrógeno y azufre debe ser revista para asegurarse que los microorganismos del rumen tienen sus requerimientos de azufre cubiertos.

Si bien se considera que la concentración máxima de azufre que no ocasiona problemas en las dietas es de 0.4% de la materia seca (NRC 1980), esa concentración es sólo una estimación que no está bien respaldada por la literatura. Es posible suministrar cantidades mayores en la dieta sin que aparentemente surjan problemas. Por ejemplo, los iones sulfato agregados a la dieta de las vacas secas para disminuir la diferencia cationes-aniones y prevenir la fiebre de la leche a menudo lleva la concentración de azufre a valores por encima del 0.5%.

Tabla 1. Concentración de azufre en alimentos comunes<sup>1</sup>

Ingrediente	% de la MS	Ingrediente	% de la MS
Alfalfa	0.26	Harina de pescado	1.16
Cebada	0.12	Harina de lino	0.37
Pulpa de remolacha	0.30	Heno de gramíneas	0.21
Harina de sangre	0.77	Harina de carne y huesos	0.39
Farelo de cervecería	0.38	Avena	0.19
Harina de canola	0.42	Harina de alazor	0.32
Maíz	0.10	Sorgo	0.11
Grano de destilería, maíz	0.44	Cáscaras de soja	0.12
Solubles de destilería <sup>2</sup>	1.43	Poroto de soja	0.31
Gérmén de maíz <sup>2</sup>	0.21	Harina de soja, solvente	0.42
Afrecho de maíz <sup>2</sup>	0.75	Harina de soja, expeller	0.34
Gluten feed de maíz	0.44	Semillas de girasol	0.21
Gluten meal de maíz	0.83	Harina de girasol	0.39
Ensilaje de maíz	0.14	Trigo	0.15
Semilla de algodón	0.23	Semitín de trigo	0.18
Harina de plumas	1.39	Suero	1.15

<sup>1</sup> Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 7th Ed., NRC (2001).

<sup>2</sup> Poet Nutrition, Sioux Falls, SD, Mayo 2008.

Un consumo de azufre excesivo puede interferir con la absorción de otros minerales, especialmente cobre y selenio. La toxicidad es más factible que ocurra con la forma sulfuro que con el sulfato del azufre de la dieta. El olor del sulfuro de hidrógeno, a huevos en descomposición, puede indicar un exceso de azufre en la dieta. Algo de diarrea puede también ocurrir con dietas de alto contenido en azufre. En el ganado de carne en crecimiento alimentado con dietas ricas en azufre se han visto síntomas de polioencefalomalacia. No se han reportado casos de toxicidad por azufre en las vacas lecheras. El consumo de agua con alto contenido en azufre (por ejemplo:  $\geq 1,000$  mg azufre/L;  $>1,000$  ppm como azufre) lo cual equivale aproximadamente a agregar 0.1% de azufre en la materia seca de la dieta puede disminuir el consumo de agua y la producción de leche (NRC 2001). El consumo de alimento de los terneros puede disminuir si se suministra el triple (o más) de los requerimientos de metionina, pero no se ha documentado una disminución del consumo asociada con dietas de alto contenido en azufre.

**El azufre en los productos de destilería se ha convertido en una preocupación reciente.** Cuando el almidón del maíz se fermenta a etanol, la concentración del resto de los nutrientes de los granos aproximadamente se triplica. Por lo tanto, una concentración de 0.1% en el maíz se torna en aproximadamente 0.3% de azufre en los granos de destilería con solubles (DGS), cercana al valor de 0.44% que lista el NRC (2001) para los mismos. Tal concentración coloca a los DGS en niveles de azufre del extremo bajo al medio con respecto a los encontrados en otros alimentos comunes (Tabla 1). Sin embargo, una encuesta reciente de DGS de 40 plantas de etanol en el Medio-Oeste (Univ. Of Minnesota, 2008) mostró un promedio de 0.7% de azufre con un rango de 0.31 a 1.93%. Sólo unos pocos valores estaban por encima del 0.8%; al excluir esas muestras con valores muy altos de azufre el promedio baja solamente de 0.7% a 0.6%. Otra encuesta reciente de 5 plantas de etanol de South Dakota (con dos encuestas por planta) indicó que el contenido promedio de azufre era de 0.53% de la materia seca con un rango de 0.31 a 0.82% de azufre. Por lo tanto, la norma de la industria para el azufre en los DGS actuales es mayor que el 0.44 que lista el NRC para el ganado lechero.

El azufre adicional en los DGS no proviene del maíz. La mayoría proviene probablemente de productos químicos agregados durante el proceso para controlar el pH y para la limpieza. Estas fuentes de azufre por lo general van a ser más altas en los solubles de destilería (a menudo referidos como solubles condensados de destilería o CDS) que en los granos de destilería porque es en la fracción de solubles adónde dichos agentes químicos se recogen originalmente. Una encuesta reciente mostró en los solubles un rango de azufre de 0.22 a 1.80% de la materia seca, con un promedio típicamente más alto que para los DGS. Los DGS modifica-

dos (aprox. 50% de MS) también contienen más azufre (por ejemplo de 0.89 a 1.38%) que los DGS ya que a menudo contienen más solubles adicionados que las proporciones que se encuentran normalmente en el grano de maíz original.

Hay varias razones por las cuales los DGS contienen más azufre que el esperado:

- Los ácidos (especialmente ácido sulfúrico) usados para controlar el pH durante el procesado contienen a menudo azufre.
- Los ácidos empleados en las operaciones de limpieza a menudo contienen azufre. Estos agentes químicos se incorporan usualmente a la fracción “soluble” de los DGS. Tales agentes son por lo general menos costosos que las alternativas, lo cual es la razón primordial para su uso además de ser efectivos como agentes de limpieza. Por lo tanto este problema puede persistir a no ser que las plantas de etanol tomen medidas para disminuir la cantidad de agentes químicos que contienen azufre o procesar esas “soluciones de limpieza” de forma que no terminen formando parte de los DGS. Se debería al menos sugerir a las plantas de etanol que minimizaran el uso de agentes de limpieza que contienen azufre.
- El agua empleada en las plantas de etanol puede contener cantidades relativamente altas de azufre. Por ejemplo, hay muchas áreas en el Medio-Oeste particularmente en el sector más al norte en que el agua tiene un contenido de azufre alto. Esto es ilustrado en una encuesta reciente de agua de pozo usada en algunas plantas de etanol (Pritchard 2008); la encuesta indica 122 ppm de azufre en el agua de pozo de Nebraska, 122 ppm en el agua de Kansas, 168 ppm en el agua de Iowa y 1007 ppm en el agua de South Dakota.
- Inconsistencia en las cantidades de solubles vueltos a agregar a los granos de destilería para producir los DGS. Desafortunadamente para los usuarios de DGS, la adición de cantidades variables de solubles a los DGS contribuye de forma importante a la variación en la composición de los DGS, no sólo variación en el azufre sino también variación en otros nutrientes tales como grasa, proteína y fósforo.

**¿Qué hacer cuando se está en presencia de dietas con un alto contenido en azufre?** En la mayoría de los casos, se pueden formular dietas como de costumbre sin preocupación acerca del contenido en azufre de los productos de destilería. En los trabajos de investigación en ganado lech-

ero de SDSU, se han suministrado sin ningún problema dietas que contenían hasta 40% de la materia seca de la dieta como DGS o 20% como CDS. Las dietas siempre estaban por debajo de 0.4% de azufre en base seca y por lo general entre el 0.2 y el 0.3%. Muchas veces se usaron DGS con un contenido en azufre de hasta el 0.9% (Anderson et al. 2006) o solubles condensados de destilería que contenía un nivel muy alto de azufre de 1.96% (Bharathan et al. 2008). Se debe recordar que los DGS son sólo uno de los muchos ingredientes de la dieta y que por lo general son incluidos al 20% o menos de la materia seca. Los forrajes tales como el ensilaje de maíz son por lo general bajos en azufre. De hecho, el análisis del ensilaje de maíz suministrado en nuestros experimentos usualmente contenía menos que el 0.14% de azufre mencionado en el NRC del ganado lechero (Tabla 1). Otros ingredientes utilizados a menudo tales como la alfalfa, maíz, cebada, avena y trigo son también bajos en azufre. La fuente de agua no es por lo general tenida en cuenta a no ser que sea en un área reconocida como de alto contenido en azufre. En esas circunstancias sí debería tenerse en cuenta. Un informe reciente de ganado de carne de SDSU (Ward y Patterson 2004) se realizó para determinar la respuesta de novillos en crecimiento a dietas que contenían adrede niveles de azufre casi tóxicos. Los resultados indicaron que el suministro de 1 g por animal y por día de tiamina eliminaba virtualmente la incidencia de polioncéfalomalacia.

### CONCLUSIONES

El azufre es un mineral esencial que debe incluirse en las dietas del ganado; sin embargo, el suministro de grandes excesos puede ser perjudicial para los animales. Los granos de destilería y sus co-productos asociados tales como los CDS contienen cantidades de azufre altas, aún más que por lo general se publica en las tablas de referencia, pero aún dentro de los rangos de concentraciones presentes en muchos de los alimentos más comunes. Por lo general es posible formular dietas dentro de los niveles recomendados de 0.2 a 0.4 de azufre, aún cuando se usen subproductos de destilería con un alto contenido de azufre. Es aconsejable que los productores obtengan información acerca del contenido en azufre cuando usen DGS en las dietas del ganado.



South Dakota  
Cooperative Extension Service

South Dakota State University, South Dakota counties, and U.S. Department of Agriculture cooperating. South Dakota State University is an Affirmative Action/Equal Opportunity Employer and offers all benefits, services, education, and employment opportunities without regard for race, color, creed, religion, national origin, ancestry, citizenship, age, gender, sexual orientation, disability, or Vietnam Era veteran status.

EXEX4039S Access at <http://agbiopubs.sdstate.edu/articles/ExEx4039S.pdf>.

### REFERENCIAS

- Anderson, J. L., D. J. Schingoethe, K. F. Kalscheur, and A. R. Hippen. 2006. Evaluation of dried and wet distillers grains included at two concentrations in the diets of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89:3133-42.
- Bharathan, M., D. J. Schingoethe, A. R. Hippen, and K. F. Kalscheur. 2008. Conjugated linoleic acid (CLA) in milk increases in cows fed condensed corn distillers solubles and fish oil. *J. Dairy Sci.* 91:2796-808.
- Distillers grains byproducts in livestock and poultry feeds. Accessed May 2008, [www.ddgs.umn.edu/](http://www.ddgs.umn.edu/).
- National Research Council. 1980. Mineral tolerance of domestic animals. *Natl. Acad. Sci.*, Washington, DC.
- , 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. *Natl. Acad. Sci.*, Washington, DC.
- Pritchard, R. 2008. Sources of dietary sulfur in ruminant diets. *Proc. Midwest ASAS/ADSA Symposium*. Accessed through <http://ars.sdstate.edu/extbeef/>.
- Ward, E. H., and H.H. Patterson. 2004. Effects of thiamin supplementation on performance and health of growing steers consuming high sulfate water. *Beef 2004-07*, Animal and Range Sciences Department, South Dakota State University, Brookings.