iGrow℠
A Service of SDSU Extension

livestock

FEBRUARY 2012

DAIRY SCIENCE

Composición de los lípidos en los granos de destilería

Fernando Díaz-Royón | DVM **Álvaro García** | Dairy Specialist, DVM, Ph.D.
Kurt A. Rosentrater | Adjunct Assistant Professor, South Dakota State Univeristy, Agricultural & Biosystems Engineering, Iowa State University

A pesar del menor costo de adquisición comparado con otras fuentes proteicas y su alta disponibilidad en el mercado, los granos de destilería (GD) a veces no son un ingrediente atractivo para algunos nutricionistas y productores. Un 28% de todos los productores lecheros grado A del estado de Dakota del Sur que respondieron a una encuesta realizada por South Dakota State University (no publicado, 2011) afirmaron no usar GD en sus raciones.

En una encuesta enviada a 10 nutricionistas especialistas en ganado lechero (Owens, F.; 2008) acerca del uso de GD, la razón principal para restringir su cantidad en las dietas, fue el alto contiendo en grasa. La mitad de los encuestados estuvo de acuerdo en que la alta concentración de ácidos grasos insaturados en los GD deprime el contenido de grasa de la leche. El 90% de los nutricionistas indicaron que el nivel de inclusión de los GD en las dietas se podría incrementar si disminuyera su contenido en grasa. Estuvieron de acuerdo además, en que el precio de los GD como ingredientes, debería disminuir proporcionalmente a la reducción energética del producto resultado de la extracción de la grasa. Pero las estimaciones con respecto al grado en que el costo debería ser reducido varían desde un 2 a un 50%, con una media de un 24%. En la encuesta anterior realizada por la Universidad de Dakota del Sur (2011), cuando se solicitó a los participantes que usaban GD en sus dietas que valorasen en una escala de 1 a 4 (1= sin importancia; 2= baja; 3= media; y 4= alta) el grado de importancia del contenido en lípidos de los GD, la media obtenida fue de 3,3. Otra encuesta publicada por el National Agricultural Statistics Service (NASS, 2007), pone de manifiesto que la variación en el contenido en grasa de los GD preocupa a los productores. En una escala de 1 a 4, similar a la anterior, la media ascendió a 3,6. Los resultados obtenidos en estas encuestas evidencian que el alto contenido en grasa de los GD, junto con su alta proporción de ácidos grasos (AG) insaturados, preocupa a técnicos y productores del sector lácteo.

Composición nutritiva de los GD

En varios artículos se ha publicado la composición nutritiva de un gran número de muestras de DDGS (granos secos de destilería con solubles), con variaciones en la concentración de grasa de entre el 10,9 y el 12,6% sobre materia seca (MS; tabla 1). Los coeficientes de variación (CV) del contenido medio de grasa no son elevados, con valores reportados en trabajos de investigación de 6,65% (Belyea y col. 2004) y 7,8% (Spiehs y col. 2002). Sin embargo, los resultados publicados por el laboratorio Dairy One (4.819 muestras, 2011), indican un contenido medio en grasa de 12,6% (MS), con un rango de valores que va desde un 9,4 a un 15,7%, y un CV superior al 25%. Estos resultados revelan la alta variabilidad en la práctica en el contenido en grasa de los DDGS. La composición nutritiva de DDGS procedentes de maíz, publicada en diferentes libros y guías de alimentación, muestra también una alta variabilidad. El NRC (2001) indica un porcentaje en grasa de un 10% (MS). Las Tablas de la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal

de composición y valoración nutritiva de los alimentos para piensos compuestos (FEDNA, 2003), muestran un contenido en grasa en los DDGS de un 10,9% (MS). Sin embargo, en las tablas del Institut National de la Recherche Agronomique (INRA, 2004) (INRA, 2004) de composición y valor nutritivo de los alimentos se publica un valor para la grasa del 4,4% (MS). Esta situación provoca que la información encontrada en los libros sobre los valores nutricionales de los DDGS sea de escasa fiabilidad, y que sea recomendable formular las dietas basándose en análisis químicos más que en valores tabulares.

Una de las mayores causas de la variación en la cantidad de grasa encontrada en los DDGS es la cantidad de solubles condensados añadidos a éstos. La cantidad de grasa en los solubles condensados es mucho mayor que en los DDGS y puede representar hasta un 21,5% de la MS (Schingoethe y col., 2010). Ganesan y col. (2005) evaluaron el efecto en el contenido en grasa al aumentar la proporción de solubles añadidos a los DDGS. El porcentaje de grasa de los DDGS aumentó desde un 8,8% hasta un 11,8% de la MS, al incrementar la adición de solubles desde un 10 hasta un 25%. Noll y col. (2007) también reportaron un incremento en la cantidad de grasa de los DDGS, al aumentar la cantidad de solubles añadidos durante su proceso de fabricación.

Ácidos grasos

La tabla 2 refleja el perfil de los ácidos grasos (AG) en DDGS analizados en seis trabajos de investigación. La grasa de los DDGS está formada principalmente por AG insaturados. Los AG linoleico (C18:2) y oleico (C18:1), son los más abundantes, promediando casi un 50% (CV = 14,2%) y un 25% (CV = 28,9%) de los AG totales, respectivamente. Los CV elevados pueden ser debidos a que los análisis se han hecho en diferentes laboratorios, y en algunas ocasiones con diferentes métodos de extracción y análisis. Los valores medios de los AG más abundantes son similares a los señalados por Moreau y col. (2011), en los que el contenido en linoleico y oleico de los DDGS procedentes de tres plantas de etanol fue de 53,7 y 25,6%, respectivamente. Sin embargo, los CV fueron bastante menores, 1,7% para linoleico y 1,3% para oleico. Además, este trabajo determinó las variaciones en el perfil de AG durante el proceso de fabricación de etanol, analizando el grano de maíz, los DDGS y siete productos intermedios (tabla 3). Aunque existen algunas diferencias pequeñas en los valores entre las diferentes fracciones, el perfil de los AG varía escasamente durante el proceso de fermentación, con los AG predominantes generalmente constantes.

Bauman y Griinari (1998) demostraron que son necesarias dos condiciones para producir una disminución en la grasa de la leche. Una de ellas, es la presencia de AG insaturados en el rumen, la otra, un ambiente ruminal alterado que ocasione una bio-hidrogenación incompleta de éstos. Bajo ciertas condiciones, las rutas de bio-hidrogenación ruminal están alteradas y mediante rutas alternativas se producen intermediarios, algunos de los cuales, como el trans-10, cis-12 CLA, son potentes inhibidores de la síntesis de la grasa de la leche en la glándula mamaria (Griinari y col., 2001). La concentración de AG insaturados en el rumen puede ser un factor clave que contribuye al cambio microbiano y al incremento del isómero CLA trans-10, cis-12 (Jenkins y col., 2009).

Además del grado de insaturación de los AG, debería considerarse la concentración ruminal de AG libres (AGL). Esta fracción lipídica probablemente tiene mayor capacidad para producir efectos negativos sobre la fermentación ruminal que otras fracciones como son los AGL saturados o triglicéridos (TG; Jenkins y col., 1993). Chalupa y col. (1984) evaluaron la producción de AG volátiles in vitro según el aporte de AG de cadena larga (palmítico, esteárico y oleico) en forma de AGL o de TG. Los AG aportados en forma de TG no produjeron cambios significativos en la fermentación ruminal. Sin embargo, cuando los AG eran aportados como AGL se produjo un aumento en la producción de propiónico y una disminución en la producción de acético, butírico y AGV totales. Los autores llegaron a la conclusión de que los AGL

perturban más la fermentación que los TG, y que su actividad antibacteriana se incrementa al aumentar el número de dobles enlaces.

En la tabla 4 podemos apreciar el contenido en AGL del maíz y diferentes subproductos procedentes de siete plantas de etanol. El contenido en AGL del aceite extraído del grano de maíz es de 2,28% (base materia fresca, MF). Sin embargo, en los DDGS, el contenido medio en AGL asciende a 9,1% en MF. Además, las dos fracciones obtenidas después del proceso de centrifugación, los GD y el residuo acuoso de destilación ("stillage" fino), también contienen concentraciones altas de AGL (7,4 y 9,4%, respectivamente). Estos resultados concuerdan con los publicados por Noureddini y col. (2009; tabla 5), con valores de AGL para los DDGS, el residuo acuoso de destilación entero y los solubles condensados. Además, estos autores diferenciaron los AGL entre saturados (palmítico y esteárico) e insaturados (oleico, linoleico y linolénico). Los AGL insaturados representaban entre un 75 y un 80% de los AGL totales. Los triglicéridos por otro lado comprendían el 91% del contenido graso de los diferentes co-productos (tabla 5). Los aceites de origen vegetal generalmente contienen bajo contenido en AGL (0,5 – 1,5%). En semillas intactas los TG están protegidos por cubiertas proteicas y además, hay muy poca actividad lipolítica presente en las semillas hasta su germinación (Quettier and Eastmond, 2009). Es desconocida por el momento la razón por la cual aumenta el contenido en los GD; causas posibles podrían ser la actividad lipolítica del maíz o las levaduras, los cambios continuos del pH y las altas temperaturas usadas durante el proceso de evaporación y secado (Winkler-Moser, 2011).

Extracción del aceite de los DDGS

Debido al contenido elevado en aceite de los DDGS existe un gran interés en extraer parte del mismo. Diferentes tecnologías están disponibles para recuperar el aceite antes o después del proceso de fermentación. De esta forma se eleva el valor económico de los co-productos obtenidos. Un método consiste en separar el maíz en tres fracciones antes de comenzar la fermentación: el endospermo, el germen y el salvado. El salvado se usa como alimento de alto contenido en fibra, principalmente para rumiantes. Al germen, de alto contenido en grasa, se le extrae el aceite y el subproducto resultante es la harina de germen. De esta forma es el endospermo, el que da alta concentración en almidón, que es luego fermentado a etanol. Los GD obtenidos mediante este proceso contienen alto contenido en proteína (35-55%), pero menor concentración de grasa y fibra (tabla 6); generalmente, estos DG se denominan DG altos en proteína.

En los últimos años ha crecido el interés en extraer el aceite de diferentes fracciones después del proceso de fermentación y antes del proceso de secado. Se han desarrollado diferentes procesos industriales para extraer el aceite del residuo acuoso del destilado fino, el residuo acuoso del destilado semi-concentrado e incluso de los solubles condensados. En general, la mayoría de estos métodos se basan en técnicas de separación física, con diferentes decantadores y centrífugas, y son capaces de extraer entre un 30 y un 70% del aceite que contiene el co-producto (Rosentrater y col. 2011). Otra posibilidad, es la extracción del aceite de los GD mediante solventes. Ejemplos de DDGS comerciales obtenidos mediante estos procesos post-fermentación aparecen en la tabla 7. Al extraer parte del aceite, el resto de los nutrientes aumenta ligeramente. El contenido en grasa es variable dependiendo del método adoptado por cada compañía y varía desde un 2,5 a un 7,5% en MS; generalmente estos DDGS se denominan bajos en grasa. Debido a su mayor contenido en AGL, el aceite obtenido después de la fermentación se usa en la actualidad para la alimentación animal o como materia prima para la producción de biodiesel. Es probable que en el futuro, el aceite extraído antes de la fermentación sea de grado alimenticio y se pueda usar para la alimentación humana.

El elevado porcentaje en AG insaturados de los GD, junto con el alto contenido en AGL de éstos, pueden ocasionar depresión del contenido graso de la leche en determinadas dietas que incluyen

DDGS. En un meta-análisis de 24 experimentos, Kalscheur (2005) reportó que los GD ocasionaban depresión de la grasa exclusivamente cuando las dietas contenían menos del 50% de forraje, o el 22% de fibra neutro detergente proveniente del forraje. Los nuevos co-productos del etanol, con menores contenidos en grasa, tienen menor capacidad para alterar el ambiente ruminal y producir una merma del rendimiento graso.

Tabla 1. Composición de los DDGS

	Spiehs y col. (2002)	Belyea y col. (2004)	UMN (2009)	Dairy One Lab (2011)
Número de muestras	118	235	49	*
MS, % base húmeda	88,9	ND	89,22	88,1
PB	30,2	31,3	30,8	31,17
FAD	16,2	17,2	13,7	16,8
FND	42,1	ND	ND	33,9
Cenizas	5,8	4,6	5,69	5,87
GB	10,9	11,9	11,2	12,57

MS= materia seca; PB= proteína bruta; FAD= fibra ácido detergente; FND= fibra neutro detergente; GB= grasa bruta; ND= no disponible. *El número de muestras varía según nutriente, desde 4.819 hasta 6.702.

Tabla 2. Composición en ácidos grasos de los DDGS (g/100 g de ácidos grasos totales).

AG	Ranathunga y col. (2010)	Anderson y col. (2006)	Nyoka (2010)	Tang y col. (2011)	Martinez Amezcua y col. (2007)	Owens T. M. (2009)
C12:0	ND	0,78	ND	0,02	0,04	0,01
C14:0	0,42	2,45	3,95	0,07	0,09	0,38
C16:0	14,7	15,5	16,9	16,7	12,8	12,5
C16:1	0,13	ND	2,46	0,16	0,18	0,11
C18:0	1,99	2,38	2,82	2,62	2,03	1,68
C18:1	26,9	17	21,4	23,1	23,2	38,2
C18:2	50,7	52,5	40,2	53,7	56,3	40,3
C18:3	1,6	4,79	1,44	0,45	1,48	1,05
C20:0	0,39	1,45	0,55	1,99	0,39	0,26
C20:1	0,22	ND	3,46	0,29	0,27	0,14
C20:2	0,03	ND	0,13	ND	0,05	0,03

AG= ácidos grasos; ND= no disponible.

Tabla 3, Composición en AG de nueve fracciones del proceso de producción de etanol (% sobre materia seca),

	Palmítico	Esteárico	Oleico	Linoleico	Linolénico
Maíz molido	13,3 ± 1,0	1,8 ± 4,0	27,2 ± 1,6	56,5 ± 0,9	1,3 ± 0,8
Mezcla caliente	16,2 ± 5,4	2,0 ± 4,1	25,9 ± 2,7	54,3 ± 3,1	1,4 ± 5,0
Masa líquida	16,4 ± 3,6	1,9 ± 9,3	25,9 ± 1,3	54,4 ± 3,1	1,3 ± 7,9
Masa fermentada	15,9 ± 4,0	2,2 ± 5,8	25,9 ± 1,3	54,8 ± 2,2	1,3 ± 3,5
Residuo acuoso de destilación entero	15,8 ± 4,0	2,2 ± 5,4	26,0 ± 2,0	54,6 ± 2,0	1,3 ± 1,6
Residuo acuoso de destilación fino	15,3 ± 6,2	2,3 ± 6,5	27,1 ± 1,1	54,2 ± 1,9	1,1 ± 3,3
Solubles destilería	15,8 ± 6,5	2,3 ± 4,5	26,7 ± 2,1	54,0 ± 1,4	1,2 ± 4,7
Granos destilería	16,5 ± 2,8	2,2 ± 3,7	25,3 ± 2,2	54,7 ± 1,5	1,4 ± 1,2
DDGS	16,2 ± 3,4	2,3 ± 2,7	25,6 ± 1,3	54,5 ± 1,7	1,4 ± 1,8

Los datos se indican como media y coeficiente de variación, Adaptado de Moreau y col, (2011),

Tabla 4. Ácidos grasos libres contenidos en diferentes co-productos (% sobre materia fresca).

	Maíz	DDG	DDGS	SF	CDS
Plantas (N)	1	5	7	2	1
Media	2,28	7,41	9,13	9,36	10,1
DS	0,02	0,78	1,49	0,63	ND

DDG= granos secos de destilería; DDGS= granos secos de destilería con solubles; SF= residuo acuoso de destilación fino; CDS= condensados de destilería; ND= no disponible; DS= desviación estándar. Adaptado de Moreau y col. (2011).

Tabla 5. Composición de muestras de aceite extraído de diferentes coproductos (% sobre materia fresca).

	AGLS	AGLI	AGLT	MG	DG	TG
GD	1,8±0,2	5,6±0,4	7,4	0,7±0,2	0,6±0,2	91,1±0,3
SE	1,7±0,1	5,9 ±0,3	7,6	0,6±0,1	0,6±0,3	91,3±0,2
CDS	1,5±0,3	5,9±-0,4	7,4	0,5±0,2	0,4±0,4	91,1±0,5

AGLS= ácidos grasos libres saturados; AGLI= ácidos grasos libres insaturados; AGLT= ácidos grasos libres totales; MG= monoglicéridos; DG= diglicéridos;TG= triglicéridos; GD= granos de destilería; SE= residuo acuoso de destilación entero; CDS= condensados de destilería.
Adaptado de Noureddini y col. (2009).

Tabla 6. Composición nutritiva de GD altos en proteína.

	POET	Solaris	MorTechnology	Renessen
Nombre comercial	Dakota Gold HP	Glutenol	ND	Enhanced
MS, % base húmeda	91,7	90	94,09	ND
PB	43,5	47,75	53,39	ND
FAD	10,9	6,7	27,3	35-50
FND	26,1	34,1	34	7,0-11,0
Cenizas	2,5	4,65	ND	15-25
GB	3,8	3,55	3,48	ND
Ca	0,02	0,07	0,16	<4
P	0,91	0,67	0,32	ND

MS= materia seca; PB= proteína bruta; FAD= fibra ácidodetergente; FND= fibra neutrodetergente; GB= grasa bruta; Ca= calcio; P= fósforo; ND= no disponible. Poet= compilación de valores de: Depenbusch y col. (2008); Robinson y col. (2008); Widmer y col. (2008); Tedeschi y col. (2009); Abdelqader y col. (2009); Mjoun y col. (2010b); Christen y col. (2010); Kelzer y col. (2010). Solaris= compilacion de valores de: Lohrmann (2006); QTI (2011).Mor Tech.= Applegate y col. (2009). Renessen= Stern (2007).

Tabla 7. Composición de GD bajos en grasa.

	Solaris	Verasun	Dakota Ethanol	FWS	POET 6%	POET 8%
MS, % base húmeda	90,0	87,2	88,1	ND	90,2	90,36
PB	30,0	34,7	30,1	35-37	31,2	31,34
FAD	ND	25,3	ND	ND	10,5	10,04
FND	ND	31,6	29,0	21	27,6	29,29
Cenizas	2,50	5,26	4,66	3,8	5,71	5,70
GB	2,50	3,85	7,55	6,50	6,16	8,17
Ca	ND	0,10	0,03	ND	0,07	0,08
P	ND	0,83	0,92	ND	1,09	1,07

MS= materia seca; PB= proteína bruta; FAD= fibra ácidodetergente; FND= fibra neutrodetergente; GB= grasa bruta; Ca= calcio; P= fósforo; ND= no disponible Solaris= Lohrmann (2006); QTI (2011). Verasun= compilación de valores de Jacela (2011), Mjoun y col. (2010 a,c).Dakota Ehanol= proporcionado por la compañía (no publicado).FWS= FWS (2011). POET= proporcionado por la compañía (no publicado).

Bibliografía

Abdelqader, M.M., A.R., Hippen, K.F. Kalscheur, D.J. Schingoethe, A.D. Garcia. 2009. Isolipidic additions of fat from corn germ, corn distillers grains, or corn oil in dairy cow diets. J. Dairy Sci., 92: 5523-5533.

Anderson, J.L., D.J . Schingoethe, K.F. Kalscheur, 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., 89:3133-3142

Applegate, T. J., C. Troche, Z. Jiang, T. Johnson. 2009. The nutritional value of high-protein corn distillers dried grains for broiler chickens and its effect on nutrient excretion. Poultry Sci.,88:354–359.

Bauman, D.E., J. M. Griinari. 2001. Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. Livest. Prod. Sci., 70:15–29

Belyea, R. L., K. D. Rausch, and M. E. Tumbleson. 2004. Compositionof corn and distillers dried grains with solubles from dry grind ethanol processing. Bioresour. Technol., 94:293–298.

Chalupa, W., B. Rickabaugh, D. S. Kronfeld, and D. Sklan. 1984. Rumen fermentation in vitro as influenced by long chain fatty. J. Dairy Sci., 67:1439-1444.

Christen, K.A., D.J .,Schingoethe, K.F., Kalscheur, A.R. Hippen, K. Karges, M. L. Gibson. 2010. Response of lactating dairy cows to high protein distillers grains or three other protein supplements. J. Dairy Sci., 93: 2095-2104.

Dairy One Forage Lab. 1Valores acumulados desde el 01/05/2000 hasta el 30/04/2011. Disponible online: http://www.dairyone.com . Acceso noviembre 2011.

Depenbusch, B.E., E.R. Loe, M.J. Quinn, M.E. Corrigan, M.L. Gibson, K.K. Karges, J.S. Drouillard. 2008. "Corn Distiller's Grain with Solubles Derived from a Traditional

or Partial Fractionation Process: Growth Performance and Carcass Characteristics of Finishing Feedlot Heifer." J. Anim. Sci., 86:2338–2343.

Ganesan, V., K.A. Rosentrater, K. Muthukumarappan. 2005. "Effect of Moisture Content and Soluble Levels on the Physical and Chemical Properties of DDGS."

ASAE Paper No. 056110. American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, MI.

Griinari, J. M., D.A. Dwyer, M.A., McGuire, D.E. Bauman, D.L. Palmquist, K. V. V. Nurmela. 1998. Trans-octadecenoic acids and milk fat depression in lactating dairy cows. J. Dairy Sci., 81:1251–61

FEDNA (Federacion Espanola para el Desarrollo de la Nutricion Animal). 2003. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos (2ª edición). Madrid, España. 423 pp.

FWS. 2011. The FWS corn fractionation system: Are you getting only a fraction of your profit potential? Disponible online: http://www.fwstl.com/pdfs/fwst_presentation.pdf. Acesso en noviembre de 2011.

INRA (Institut National de la Reserche Agronomique). 2004. Tables of composition and nutritional value of feed materials. Wageningen, Netherlands, Wageningen Academic Publishers. 304 pp.

Jacela, J. Y., J. M. DeRouchey, S. S. Dritz, M. D. Tokach, R. D. Goodband, J. L. Nelssen, R. C. Sulabo, R. C. Thaler, L. Brandts, D. E. Little and K. J. Prusa. 2011. Amino acid digestibility and energy content of deoiled (solvent-extracted) corn distillers dried grains with solubles for swine and effects on growth performance and carcass characteristics. J. Anim. Sci. 89:1817–1829.

Jenkins, T. C. 1993. Symposium: Advances in ruminant lipid metabolism. J. Dairy Sci., 76:3851-3863

Jenkins, T. C., C. M. Klein, G. D. Mechor. 2009. Managing Milk Fat Depression: Interactions of Ionophores, Fat Supplements, and other Risk Factors. Proceeding 20 TH Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium. Gainesville, Florida.

Kalscheur, K.F. 2005. Impact of feeding distillers grains on milk fat, protein, and yield. Proc. Distillers Grains Technology Council, 9th Annual Symposium, Louisville, Kentucky, USA.

Kelzer, J.M., P.J. Kononoff, A.M. Gehman, L.O.Tedeschi, K. Karges, M. L. Gibson. 2009. Effects of feeding three types of corn-milling co-products on milk production and ruminal fermentation of lactating Holstein cattle. J. Dairy Sci., 92: 5120-5132.

Lhrormann, T. 2006. Rethinking ethanol coproducts. Distillers Grains Quarterly 1(4): 23- 24.

Martinez Amezcua, C., C.M. Parsons, and S.L. Noll. 2004. "Content and Relative Bioavailability of Phosphorus in Distillers Dried Grains with Solubles in Chicks." Poultry Sci., 83: 971-976.

Mjoun, K., K.F. Kalscheur, A.R. Hippen., D.J. Schingoethe. 2010a. Performance and amino acid utilization of early lactating cows fed regular or reduced-fat dried distillers grains with solubles. J. Dairy Sci., 93: 3176-3191.

Mjoun, K., K.F. Kalscheur, A.R. Hippen., D.J. Schingoethe. 2010b. Ruminal degradability and intestinal digestibility of protein and amino acids in soybean and corn distillers grains products. J. Dairy Sci., 93: 4144-4154.

Mjoun, K., K.F. Kalscheur, A.R. Hippen., D.J. Schingoethe, D.E. Little. 2010c. Lactation performance and amino acid utilization of cows fed increasing amounts of reduced-fat dried distillers grains with solubles. J. Dairy Sci., 93: 288-303

Moureau, R. A., K. Liu., J. K. Winkler-Moser, V. Singh. 2011. Changes in Lipid Composition During Dry Grind Ethanol Processing of Corn. J. Am. Oil Chem. Soc., 88:435–442.

NASS (National Agricultural Statistics Service Agricultural Statistics Board, U.S.). Department of Agriculture (2007). Ethanol Co-Products Used for Livestock Feed.

National Research Council. 2001. Nutrient Requirements for Dairy Cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC, USA.

Noll, S., C. Parsons, B. Walters. 2006. "What's New since September 2005 in Feeding Distillers Co-products to Poultry." Proceedings of the 67th Minnesota Nutrition Conference and University of Minnesota Research Update Session: Livestock Production in the New Millennium, pp. 149-154.

Noureddini, H., S. R. P. Bandlamudi, E. A. Guthrie. 2009. A Novel Method for the Production of Biodiesel from the Whole Stillage-Extracted Corn Oil. J. Am. Oil Chem. Soc., 86:83–91

Nyoka, R. 2010. Fat and rumen undegradable protein for grazing cows: effect on composition of milk and quality of cheese. M.Sc. Thesis. South Dakota State University.

Owens, F. (2009). Nutrition & Health: Dairy. Cattle nutritionists. Feedstuffs, pg 22 – 25.

Owens, T.M. 2009. Risk of milk fat depression for dairy cows fed high moisture corn and distillers grains in diets containing monensin. Ph.Sc. Thesis. South Dakota State University.

Quettier, A. L., P. J. Eastmond. 2009. Storage oil hydrolysis during early seedling growth. Plant Physiology and Bioch. 47 (6):485 – 490.

QTI. 2011. Quality Technology International. Glutenol for ruminants. Disponible online en:

http://www.qtitechnology.com/PDF%20Files/Glutenol%20for%20Ruminants%202-09.pdf. Acceso en noviembre de 2011.

Ranathunga, S.D., K.F. Kalscheur, A.R. Hippen., D.J. Schingoethe. 2010. Replacement of starch from corn with nonforage fiber from distillers grains and soyhulls in diets of lactating dairy cows. J. Dairy Sci., 93: 1086-1097.

Robinson, P. H., K. Karges, M.L. Gibson. 2008. Nutritional evaluation of four co-product feedstuffs from the motor fuel ethanol distillation industry in the Midwestern USA. Anim. Feed Sci. and Tech., 146:345-352.

Rosentrater, K. A., K.M. Ileleji, D. B. Johson. 2011. Manufacturing of Fuel Ethanol and Distiller Grains – Current and Evolving Processes. Capitulo 5. Distillers Grains: Production, Properties, and Utilization. Editado por KeShun Liu and Kurt A. Rosentrater. CRC Press, Florida. Pg. 73 – 102.

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.

Stern, M. 2007. The Renessen Corn Processing System: Rebalancing the Bioenergy/Feed Equation. Innovation to Commercialization. Chicago, Illinois; Illinois Biotechnology Industry Organization.

Tang, S. C., I. Zulkifli, M. Ebrahimi, A.R. Alimon, A.F. Soleimani, K. Filer. 2011. Effects of Feeding Different Levels of Corn Dried Distillers Grains with Solubles on Growth Performance, Carcass Yield and Meat Fatty Acid Composition in Broiler Chickens. Int. J. Anim. Vet. Adv., 3(3): 205-211.

Tedeschi, L. O., P. J. Kononoff, K. Karges, and M. L. Gibson. 2009. Effects of chemical composition variation on the dynamics of ruminal fermentation and biological value of corn milling (co) products. J. Dairy Sci., 92:401–413.

UMN. 2009. Distillers Grains By-products in Livestock and Poultry Feeds. University of Minnesota. U.S. average compared to DDGS produced in Canada, China, Spain. Disponible online: http://www.ddgs.umn.edu/profiles.htm

Widmer, M.R., L.M. McGinnis, D.M. Wulf, and H.H. Stein. 2008. "Effects of Feeding Distillers Dried Grains with Solubles, High Protein Distillers Dried Grains, and Corn

Germ to Growing-Finishing Pigs on Pig Performance, Carcass Quality, and the Palatability of Pork." J. Anim. Sci. 1910. doi: 10.2527/jas.2007-0594.

Winkler-Moser, J. K. 2011. Lipids in DDGS. Capitulo 9. Distillers Grains: Production, Properties, and Utilization. Editado por KeShun Liu and Kurt A. Rosentrater. CRC Press, Florida. Pg. 73 – 102.

SDSU Extension

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.

Publication: 02-2002-2012