

EFFECTO DEL AUMENTO DE GRASA DIETÉTICA MEDIANTE LA ALIMENTACIÓN CON UN 15% DE SEMILLA DE ALGODÓN ENTERA EN LA PRODUCCIÓN DE LECHE, LA DIGESTIBILIDAD TOTAL DEL TRACTO Y LA EMISIÓN DE METANO EN VACAS LECHERAS.

RESUMEN

La semilla de algodón entera (WCS, por sus siglas en inglés) se utiliza como fuente de grasa, proteína y fibra. La semilla de algodón es rica en ácidos grasos insaturados (FA), pero se considera de menor riesgo para la depresión de la grasa láctea inducida por biohidrogenación porque se libera lentamente en el rumen.

Se ha informado que los FA insaturados disminuyen las emisiones de metano en algunos experimentos, pero el efecto de la fuente de FA no está claro. El objetivo del presente experimento fue investigar el efecto de los FA provenientes de WCS en la producción de leche y metano, así como en la digestibilidad de nutrientes en el tracto total. Dieciséis vacas multíparas fueron dispuestas en un diseño cruzado con períodos de 21 días.

Los tratamientos consistieron en sustituir un 15% de WCS por una mezcla de cáscaras de semilla de algodón y harina de soja. La semilla de algodón no tuvo efecto en la ingestión de materia seca (DMI) ni en el rendimiento de leche (MY), pero aumentó la concentración de grasa láctea (0.2 unidades porcentuales) y el rendimiento (110 g/d).

La semilla de algodón también disminuyó la concentración de FA <16 C y 16 C en la grasa láctea y aumentó los FA >16 C y trans-10 18:1 y trans-11 18:1. El aumento de grasa dietética no tuvo efecto en la eficiencia de transferencia de FA 18 C a la leche. No hubo efecto en la concentración ni en el rendimiento de proteína láctea.

La semilla de algodón entera disminuyó la digestibilidad aparente del tracto total de la materia orgánica (OM) y la materia seca (DM) debido a una disminución en la digestibilidad de la FDN, pero menos del 3% de las semillas consumidas se recuperaron intactas en las heces. La semilla de algodón entera aumentó la digestibilidad de los FA 16 C, pero la digestibilidad de los FA totales y 18 C no cambió. La producción (g/d), el rendimiento (g/kg de DMI) y la intensidad (g/kg de MY o ECM) de H₂, CH₄ y CO₂ no se modificaron con WCS. El gosispol total en plasma y los isómeros positivo y negativo aumentaron con WCS, pero estuvieron por debajo de niveles tóxicos. En conclusión, aumentar los FA insaturados en la dieta mediante la alimentación con un 15% de WCS incrementó el rendimiento de grasa láctea a través de un mayor suministro de FA preformados y no afectó la producción de metano bajo estas condiciones dietéticas.

INTRODUCCIÓN

La semilla de algodón contiene altos niveles de grasa, proteína y fibra, lo que la convierte en un alimento popular para vacas lecheras de alta producción. Generalmente se suministra como semilla de algodón entera (WCS, por sus siglas en inglés) y es un subproducto de la industria de la fibra de algodón. Aumentar los ácidos grasos (FA) en la dieta mediante la alimentación con WCS puede favorecer un mayor rendimiento de grasa láctea con un menor riesgo de depresión de la grasa láctea inducida por biohidrogenación (MFD, por sus siglas en inglés), ya que los FA se liberan lentamente en el rumen en comparación con otras fuentes de aceite (Bernard, 1999). Recientemente informamos sobre una titulación de dosis alimentando WCS hasta un 9.9% de la dieta en sustitución de cáscaras de semilla de algodón y harina de soja (Pierce et al., 2024), y Bales et al. (2024) investigaron recientemente la alimentación con WCS hasta un 24% de la dieta en sustitución de cáscaras de soja y harina de soja. También se ha informado que los FA insaturados reducen el metano ruminal, lo que abre la posibilidad de beneficios adicionales de WCS no investigados en estos experimentos recientes.

Reducir la producción de metano es una alta prioridad en la industria láctea. La suplementación con lípidos, especialmente PUFA, disminuye la actividad de los metanógenos en el rumen (Van Soest y Demeyer, 1996; Martin et al., 2016). Específicamente, el metaanálisis de Eugène et al. (2008) reportó que los suplementos lipídicos disminuyeron la producción de metano en un 9%. Sin embargo, aumentar los FA insaturados incrementa el riesgo de MFD inducida por biohidrogenación. Dado que las WCS liberan lentamente los FA insaturados y normalmente presentan un menor riesgo de MFD, podrían ser una estrategia rentable para reducir el metano mientras se mantiene o incrementa el rendimiento de grasa láctea.

No existe un nivel óptimo único de alimentación con WCS, y su tasa de inclusión puede depender de si se suministra para aportar grasa o fibra. Se utilizan niveles más altos de WCS cuando se necesita un reemplazo de forraje, ya que contiene FDN efectiva que ayuda a mantener la función ruminal normal (Harvatine et al., 2002). Los límites superiores de alimentación con WCS pueden provenir de los PUFA, que aumentan el riesgo de MFD, o del gossypol, un compuesto fenólico tóxico presente en las glándulas pigmentarias. Los rumiantes tienen una capacidad limitada para detoxificar el gossypol (Lindsey et al., 1980), pero no se han reportado casos de toxicidad cuando las vacas lecheras son alimentadas con hasta un 15% de WCS (Harrison et al., 1995). Bales et al. (2024) también informaron recientemente incrementos casi iguales en el rendimiento de leche y grasa láctea con inclusiones de 8% y 16% de WCS.

Existen pocos experimentos recientes que investiguen niveles más altos de WCS y escasos reportes sobre el efecto en la producción de metano (Grainger et al., 2010; Muñoz et al., 2019; Ma et al., 2024). El objetivo fue evaluar el efecto de alimentar con WCS al 15% de la dieta en comparación con una dieta control que contenía cáscaras de semilla de algodón y harina de soja en una dieta contemporánea alta en ensilaje de maíz sobre la producción de leche y metano. Hipotetizamos que una dieta con 15% de WCS en sustitución de cáscaras de semilla de algodón y harina de soja aumentaría la concentración y el rendimiento de grasa láctea y disminuiría la producción de metano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño Experimental y Tratamientos

El experimento se llevó a cabo desde principios de febrero hasta marzo de 2020 en un establo de amarre ventilado mecánicamente en el Centro de Investigación y Enseñanza Lechera de la Universidad Estatal de Pensilvania en University Park, Pensilvania. El Comité Institucional de Cuidado y Uso de Animales de la Universidad Estatal de Pensilvania aprobó todos los tratamientos y procedimientos con animales. Dieciséis vacas Holstein multíparas (rendimiento de leche previo al ensayo = 39.4 ± 8.7 kg/d; 139 ± 21 DIM; media \pm DE) fueron asignadas aleatoriamente a una secuencia de tratamientos en un diseño cruzado con períodos de 21 días y asignadas aleatoriamente a un corral.

Los tratamientos consistieron en una dieta que contenía 15% de WCS y una dieta control (CON) que contenía cáscaras de semilla de algodón y harina de soja para reemplazar la FDN y la PC de las WCS. El objetivo fue investigar el efecto de aumentar la grasa dietética con WCS. Las cáscaras de semilla de algodón se incluyeron en el control para minimizar las diferencias en la digestibilidad de la fibra y la función ruminal. Se seleccionó harina de soja extraída con solvente para equilibrar la PC porque es una sustitución probable en la granja. La harina de semilla de algodón podría usarse y mantendría el perfil de AA dietético, aunque se espera que las tasas de disponibilidad ruminal sean bastante diferentes con WCS.

Alimentación, Muestras de Alimento y Heces

Los forrajes se muestrearon una vez por semana y se secaron en un horno de aire forzado a 55°C durante 48 horas para determinar la materia seca (DM), ajustando la dieta en consecuencia. Cada ingrediente del alimento y la TMR base se muestrearon antes de la alimentación del día 19 al 21 de cada período. Los alimentos se combinaron por período y se almacenaron a -20°C.

Las dietas se ofrecieron como TMR y se entregaron una vez al día aproximadamente a las 08:00 h mientras las vacas estaban en la sala de ordeño. Los rechazos de alimento se pesaron del día 19 al 21 y se submuestrearon utilizando un método de cuarteo en dos etapas. Brevemente, los rechazos se mezclaron y se dividieron en cuartos, se descartaron dos cuartos, los dos restantes se mezclaron, se cuartearon nuevamente y dos de los cuartos se combinaron como submuestra. Las muestras se combinaron por vaca dentro de cada período y se almacenaron a -20°C.

Se recolectaron cuatro muestras fecales por captura durante los últimos 2 días de cada período experimental (20:30, 08:30, 16:30 y 00:30 h) y se almacenaron a -20°C. Las muestras se combinaron por vaca dentro de cada período en base al peso húmedo.

Análisis de Alimentos, Rechazos y Heces

Los ingredientes del alimento, los rechazos y las muestras fecales se liofilizaron (Ultra 35-XL; Virtis Co. Inc., Gardiner, NY). Se creó un compuesto representativo de las porciones de concentrado comunes a ambos tratamientos para el análisis de nutrientes (harina de canola, maíz molido, mezcla de vitaminas y minerales, y harina de soja tratada con calor). Las muestras se molieron utilizando un molino Wiley (A.H. Thomas Co., Philadelphia, PA) con una malla de 1 mm, excepto las WCS, que se molieron usando un molinillo de bolas criogénico (Retsch CryoMill en Dairyland Labs).

Dentro de cada período, los forrajes individuales, el compuesto de concentrados comunes a ambas dietas, las WCS, las cáscaras de semilla de algodón y la harina de soja

se analizaron para determinar la DM absoluta, cenizas, proteína cruda (CP), almidón, FDN, FDN indigerible a 240 h (iNDF) y concentración y perfil de FA. La DM absoluta se determinó secando las muestras durante la noche a 105°C en un horno de aire forzado, y las cenizas se determinaron tras 5 h a 600°C en un horno de mufla.

La proteína cruda y la ADF se determinaron según los métodos 990.03 y 973.18, respectivamente, como describe AOAC International (2000), y la FDN se analizó según Van Soest et al. (1991) en un analizador de fibra Ankom 200 (Ankom Technology Corp., Macedon, NY) utilizando α -amilasa, sulfito de sodio y enjuague con acetona. La FDN indigerible se determinó como residuo de FDN tras 240 h de fermentación in vitro según lo descrito por Goering y Van Soest (1975) en el laboratorio Cumberland Valley Analytical (Waynesboro, PA). El almidón se determinó por método enzimático (Karkalas, 1985; Hazyme, Centerchem, Norwalk, CT) tras gelatinizar las muestras con hidróxido de sodio. La concentración total de FA y el perfil de FA se determinaron por metilación directa en ácido clorhídrico metanólico (Sukhija y Palmquist, 1988), modificado por Rico y Harvatine (2013), utilizando los FA libres 13:0 y 19:0 y el éster metílico 17:1 como estándares internos.

Las muestras de rechazos y fecales se combinaron por vaca por período y se analizaron para DM, FDN y FA, además de iNDF para las muestras fecales como se describió anteriormente. Los compuestos de ingredientes alimenticios individuales y rechazos se utilizaron para calcular la ingesta de DM y FA. La FDN indigerible se usó como marcador de flujo interno para calcular la digestibilidad aparente del tracto total (TT) de DM, MO, FDN y FA utilizando el método de relación de marcadores descrito previamente (Huhtanen et al., 1994).

Para determinar el flujo fecal de semillas de algodón intactas, las muestras fecales se pesaron y se tamizaron en húmedo usando agua de una varita de lavado ocular de laboratorio de baja presión (Nalgene, ThermoFisher Scientific, MA) y un tamiz de 4.73 mm. Las semillas intactas se recuperaron del tamiz con pinzas, se liofilizaron y se pesaron. Las semillas fecales se cortaron en trozos con tijeras y se analizaron para FA como se describió previamente.

Muestreo y Análisis de Leche

Las vacas se ordeñaron aproximadamente a las 07:00 y 18:00 h en una sala de ordeño y el rendimiento de leche (MY) se determinó usando un medidor de leche integrado (Afimilk; SAE Afikim, Kibbutz Afikim, Israel). Los pesos de leche se ajustaron calibrando los corrales individuales según un modelo descrito por Andreen et al. (2020). Se recolectaron dos muestras de leche en cada ordeño del día 19 al 21 de cada período. Una submuestra de cada ordeño se combinó dentro del día (tarde + mañana) según el MY y se almacenó con conservante a 4°C (Bronolab-WII; D&F Control Systems Inc., Dublin, CA) hasta analizarse por espectroscopia de infrarrojo medio (Fossomatic 400 Milko-Scan y 400 Fossomatic, Foss Electric, DairyOne Ithaca, NY) para grasa, proteína, MUN y CCS. Una segunda submuestra se combinó por vaca y período, se centrifugó a $1,300 \times g$ durante 20 min a 4°C para la extracción de la capa de grasa y se analizó para el perfil de FA como describieron Rico y Harvatine (2013).

Brevemente, los lípidos se extrajeron usando una mezcla 3:2 de hexano-isopropanol, se transmetilaron en presencia de metóxido de sodio y los ésteres metílicos de ácidos grasos se cuantificaron por cromatografía de gases con un detector de ionización de

llama y una columna capilar (SP-2560; 100 m × 0.25 mm [diámetro interno] con un grosor de película de 0.2 µm; Supelco Inc., Bellefonte, PA).

Recolección y Análisis de Sangre

Se recolectaron muestras de sangre de la vena de la cola aproximadamente 3 h antes de la alimentación el día 21 y aproximadamente 7 h después de la alimentación el día 20 de cada período usando tubos de vacío con heparina sódica (Griner Bio-One North America Inc., Monroe, NC). Los tubos de sangre se colocaron inmediatamente en hielo, se centrifugaron dentro de los 30 min a $1,300 \times g$ durante 15 min a 4°C y el plasma se almacenó a -20°C. Las muestras se enviaron al Centro Regional de Investigación del Sur del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (Nueva Orleans, LA) en hielo seco y se analizaron para gopipol total y los isómeros positivo y negativo usando procedimientos por HPLC como describió Kim et al. (1996). Cuando los niveles de gopipol en plasma estaban por debajo del nivel de detección, se usó un valor de 0.03 µg/mL para facilitar el análisis estadístico (<50% del valor mínimo observado de 0.08 µg/mL). El gopipol en plasma estuvo por debajo del nivel de detección en todas las vacas de control.

Emisiones de Gases

La producción entérica de metano, dióxido de carbono e hidrógeno se midió utilizando el sistema GreenFeed (C-Lock Inc., Rapid City, SD). Las vacas fueron atraídas al sistema automatizado de cámara cefálica mediante cebo con alimentos peletizados (Stocker Grower 14, Purina Animal Nutrition LLC), y los flujos de gases se monitorearon como se describió previamente (Hristov et al., 2015). Brevemente, las emisiones de gases se muestrearon un total de 8 veces durante los días 18, 19 y 20. En cada muestreo, se recolectaron muestras de aliento durante 5 minutos, seguidas de un intervalo de espera de 2 minutos entre cada vaca para la circulación de aire y establecer la línea base. La ingesta de pellets se calculó en base al número de descargas y al peso promedio por descarga, y se añadió a la ingesta total. Posteriormente, se calcularon las emisiones diarias (gramos/día), así como el rendimiento de las emisiones de metano y dióxido de carbono (gramos/kilogramo de DMI) y la intensidad (gramos/kilogramo de MY y ECM).

Fuente.

[https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(25\)00097-9/fulltext?dgcid=raven_jbs_etoc_email](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(25)00097-9/fulltext?dgcid=raven_jbs_etoc_email)

Clic Fuente



MÁS ARTÍCULOS