

# **EFFECTO DE LA CAÑA DE AZÚCAR NEGRA RICA EN ANTOCIANINAS SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LECHE Y LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN VACAS LECHERAS EN LACTANCIA.**

Chao Ban, Guilan Wen, Supreena Srisaikham, Thara Wongdee & Pipat Lounglawan

Este estudio tuvo como objetivo explorar el efecto de la caña de azúcar negra rica en antocianinas sobre la producción de leche, la capacidad antioxidante del plasma y la capacidad de eliminación de DPPH durante el período de almacenamiento de la leche en vacas lecheras en lactancia. Se estratificaron diecisésis vacas lecheras en lactancia y se asignaron aleatoriamente a dos grupos dietéticos equilibrados: Caña de azúcar negra rica en antocianinas (AS) y pasto Napier (NG).

El grupo AS mostró una disminución significativa ( $p < 0.05$ ) en la ingesta de forraje, la ingesta total de materia seca y la ingesta de nutrientes. La concentración de glucosa en sangre fue significativamente mayor en el grupo AS en comparación con el grupo NG. Además, el grupo AS presentó una tasa de inhibición de la superóxido dismutasa y una capacidad de eliminación de 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) en el plasma significativamente más altas en comparación con el grupo NG.

Asimismo, la capacidad de eliminación de DPPH en el grupo AS aumentó significativamente ( $p < 0.05$ ) después de 3 días de almacenamiento. En contraste, el grupo NG mostró una disminución significativa ( $p < 0.05$ ) en la capacidad de eliminación de DPPH a medida que se prolongaba el tiempo de almacenamiento.

Se plantea que la incorporación de AS en la dieta de vacas lecheras en lactancia mejora el desempeño antioxidante, como lo demuestra el aumento de la capacidad antioxidante en plasma. Además, AS podría proporcionar el beneficio adicional de preservar la calidad de la leche al aumentar la capacidad intrínseca de eliminación de DPPH durante el período de almacenamiento.

## Introducción

El estrés oxidativo (EO) es un desequilibrio entre la producción de radicales libres (RL) y la capacidad del organismo para contrarrestar sus efectos dañinos, lo que puede provocar daños celulares. Las vacas lecheras en lactancia son más susceptibles al estrés oxidativo debido a la acumulación de RL, causada por su alto metabolismo, lo que impacta negativamente en su salud, bienestar y productividad. Los antioxidantes dietéticos pueden reducir el EO al mantener el equilibrio redox, reforzar las defensas y, potencialmente, aumentar la producción de leche en rumiantes lecheros.

Las antocianinas son pigmentos solubles en agua que actúan como potentes antioxidantes, con una capacidad superior a la de otros antioxidantes. De hecho, su efecto antioxidante se debe principalmente a la neutralización de radicales libres, la quelación de iones metálicos, la modulación de la actividad de enzimas antioxidantes y la regulación de vías de transducción de señales celulares. Se ha demostrado que una dieta con ensilado de pasto Napier morado rico en antocianinas puede aumentar la concentración de enzimas antioxidantes y la lactosa en la leche de cabras lecheras. De manera similar, Ebrahimi et al. encontraron que alimentar cabras lecheras con extracto de pétalos de azafrán (que contiene 97,79 mg/100 g de antocianinas) aumentó el contenido de proteína en la leche, la producción de leche y la capacidad antioxidante de la leche. Además, un estudio previo mostró que alimentar cabras lecheras con ensilado de maíz morado rico en antocianinas aumentó la tasa de inhibición de la superóxido dismutasa en la leche. Asimismo, Tian et al. descubrieron que las antocianinas del maíz morado pueden prevenir la oxidación durante el almacenamiento de la leche. Por lo tanto, la suplementación dietética con antocianinas es una estrategia efectiva para prevenir el estrés oxidativo y mejorar la calidad de la leche en vacas lecheras.

La caña de azúcar negra (*Saccharum sinensis* Robx.), un cultivo tropical de alta productividad, se cultiva ampliamente en Tailandia y es notablemente rica en carbohidratos fermentables. Además, la caña de azúcar negra rica en antocianinas se ha utilizado potencialmente para mejorar la capacidad antioxidante y aumentar la producción de leche en vacas lecheras. Matsuba et al. informaron que la alimentación de vacas lecheras en lactancia con maíz morado rico en antocianinas aumentó la producción de leche y la concentración de la enzima superóxido dismutasa (SOD) en sangre. De manera similar, Suong et al. informaron que la alimentación de cabras con caña de azúcar negra rica en antocianinas aumentó la concentración de enzimas antioxidantes en plasma. Sin embargo, hasta donde sabemos, no hay estudios sobre el impacto de las dietas ricas en antocianinas en la capacidad de eliminación de radicales libres en la leche durante su almacenamiento.

Planteamos la hipótesis de que la inclusión de caña de azúcar negra rica en antocianinas en la dieta puede mejorar la capacidad antioxidante del plasma y aumentar la capacidad de eliminación de

DPPH en la leche durante su almacenamiento. Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la caña de azúcar negra rica en antocianinas sobre la producción de leche, la capacidad antioxidante del plasma y la capacidad de eliminación de DPPH en la leche durante su almacenamiento en vacas lecheras en lactancia. Los resultados de este estudio podrían ampliar nuestro conocimiento sobre cómo la caña de azúcar negra rica en antocianinas mejora la capacidad antioxidante en vacas lecheras y proporcionar pistas para prevenir el deterioro de la leche debido al estrés oxidativo.

#### Materiales y métodos

#### Cuidado de los animales

El ensayo de alimentación se realizó en la granja de la Universidad de Tecnología de Suranaree (SUT) en Nakhon Ratchasima, Tailandia, del 20 de diciembre de 2023 al 30 de enero de 2024. Todos los protocolos experimentales con animales se llevaron a cabo en cumplimiento con las directrices ARRIVE (Animal Research: Reporting In Vivo Experiments). Todas las manipulaciones de los animales se realizaron de acuerdo con las regulaciones pertinentes de la granja SUT y fueron aprobadas por el Comité de Ética Animal de la Universidad de Tecnología de Suranaree bajo el protocolo experimental (SUT-IACUC-0020/2023).

#### Tratamientos y manejo

Según un estudio previo, se determinó un tamaño de muestra de 7 animales (calculado como 6,83) para proporcionar un poder estadístico superior a 0,8 y un nivel de significancia de 0,05 para detectar una diferencia de 0,7 kg/d en la producción de leche con un error estándar de la media (SEM) de 0,30.

Se seleccionaron 16 vacas lecheras en lactancia con un peso corporal similar ( $391,84 \pm 48,56$  kg), días en lactancia ( $38,88 \pm 15,99$  días) y producción de leche ( $11,72 \pm 2,31$  kg/d). Los animales fueron estratificados y asignados aleatoriamente a dos grupos dietéticos equilibrados: el grupo de pasto Napier (NG) y el grupo de caña de azúcar negra rica en antocianinas (AS).

Todas las vacas fueron desparasitadas según el protocolo de manejo alimentario de la granja SUT y alojadas en corrales individuales limpios ( $2\text{ m} \times 3\text{ m}$ ) con acceso libre a agua limpia.

El pasto Napier es un alimento básico para rumiantes en pequeñas explotaciones en zonas subtropicales, por lo que se seleccionó como grupo de control. Tanto la caña de azúcar negra como el pasto Napier se cultivaron en la granja SUT (Nakhon Ratchasima, Tailandia).

La caña de azúcar negra y el pasto Napier frescos fueron cosechados diariamente y procesados en segmentos de 6 a 8 cm de longitud utilizando la cortadora SCB-2800 (Fermier Engineer Private Limited, Tamil Nadu, India). El concentrado comercial se obtuvo de la fábrica de alimentos de SUT (Feed Mill, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Tailandia).

Los requerimientos nutricionales se basaron en las recomendaciones del National Research Council. Se ofrecieron 5 kg/día de concentrado por animal, mientras que el forraje se proporcionó ad libitum con un 10 % de sobrantes. El forraje restante se pesó y se colocó en comederos vacíos para evaluar el impacto de la evaporación en la calidad del alimento residual. La composición nutricional se detalla en la Tabla 1.

El experimento tuvo una duración de 40 días, incluyendo un período de adaptación de 10 días. Todas las vacas fueron alimentadas en cantidades iguales diariamente a las 08:00 y 16:00 h, y la cantidad de alimento sobrante se registró diariamente durante el período experimental.

Las vacas fueron ordeñadas en sus establos dos veces al día, a las 05:00 y 15:00 h. La producción de leche se registró diariamente a lo largo del estudio.

## Métodos de muestreo

Las dietas fueron recolectadas semanalmente, secadas a 65 °C durante 24 h, molidas y tamizadas a través de un tamiz de 1 mm, y finalmente almacenadas a -20 °C para análisis futuros. Al final del período experimental, se recolectó una muestra de 50 mL de leche para analizar su composición, incluyendo proteína, grasa, lactosa, sólidos totales, sólidos no grasos y minerales, utilizando un analizador automático de leche por infrarrojos (MilkoScan™ FT3, Foss Electric Co. Ltd., Hillerød, Dinamarca).

Las muestras de sangre fueron obtenidas mediante punción de la vena yugular, utilizando tubos de vacío de 10 mL con heparina sódica. El plasma fue separado por centrifugación a temperatura ambiente durante 15 minutos a 3000×g y posteriormente almacenado a -80 °C hasta su análisis.

Al final del período experimental, se recolectó leche cruda de cada vaca. Posteriormente, la leche fue sometida a pasteurización a alta temperatura (75 °C durante 15 s). Luego de la pasteurización, se tomaron tres alícuotas de leche de cada vaca para cada período de almacenamiento y se almacenaron en tubos de plástico en la oscuridad a 4 °C durante 0, 3 y 7 días, respectivamente. Las muestras de leche de cada vaca en los diferentes puntos de tiempo fueron combinadas para formar una muestra compuesta y se conservaron adecuadamente mediante congelación a -80 °C hasta su análisis.

## Análisis químico

El contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC), cenizas y grasa se analizaron de acuerdo con la Association of Official Analytical Chemists (AOAC).

- La materia seca (AOAC 930.15) se determinó mediante secado en horno a 105 °C durante 24 h.
- La proteína cruda (AOAC 984.13) se determinó mediante el sistema Kjeldahl ( $N \times 6,25$ ).
- Las cenizas (AOAC 942.05) se determinaron mediante incineración a 550 °C durante 4 h (Carbolite AAF1100 Ashing Furnaces, Alemania).
- La grasa (AOAC 920.39) se determinó mediante el sistema Soxtec (Foss Co., Ltd, Hillerød, Dinamarca).
- La fibra detergente ácida (FDA) y la fibra detergente neutra (FDN) se determinaron según el método de Van Soest et al.

## **La eficiencia alimenticia (EA) se calculó con la siguiente fórmula:**

La leche corregida al 3,5 % de grasa (3,5 % LCG) se calculó según el método de Hamzaoui et al.:

La energía de la leche (EL) y la eficiencia energética de la leche (EEL) se calcularon de acuerdo con el método de Li et al.:

## **Extracción y detección de antocianinas**

Se molieron tres gramos de cada muestra de forraje en nitrógeno líquido y luego se colocaron en un tubo de plástico de 50 mL con 45 mL de reactivo de extracción (relación 85:15 de etanol al 95 % y HCl 1,5 N) a 4 °C durante 1 h en un baño ultrasónico (PS40A, Shenuatai Scientific Instrument Co. Ltd., Shenzhen, China). Posteriormente, la mezcla se centrifugó a  $10,000\times g$  durante 5 min a 4 °C (Eppendorf 5810R refrigerated centrifuge, Hamburgo, Alemania) y se almacenó a -20 °C para análisis futuros.

La composición de antocianinas (Tabla 2), incluyendo pelargonidina (Pel), pelargonidina-3-glucósido (Pel3G), peonidina-3-glucósido (Peo3G), cianidina (Cya), cianidina-3-glucósido (Cya3G), malvidina (Mal), malvidina-3-glucósido (Mal3G) y delfnidina (Del), se determinó mediante cromatografía líquida de alto rendimiento acoplada a espectrometría de masas (HPLC-MS, Agilent Technologies, Santa Clara, EE. UU.), siguiendo el método de Tian et al.

## Análisis de índices hematológicos

Una parte de la muestra de sangre fue transferida al hospital de la Universidad de Tecnología de Suranaree (SUT) para el análisis de nitrógeno ureico en sangre (BUN), triglicéridos, glucosa e insulina.

La capacidad antioxidante del plasma, incluyendo la capacidad antioxidante total (TAC, número de kit: 8H20K02740), superóxido dismutasa (SOD; número de kit: 102555633) y glutatión peroxidasa (GHS-Px; número de kit: 437CC12A23), se determinó utilizando kits comerciales (Sigma-Aldrich, St. Louis, EE.UU.) siguiendo las instrucciones del fabricante.

La capacidad de eliminación del 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) se determinó según el método de Tian et al. con una pequeña modificación. En resumen, 200 µL de plasma fueron mezclados con 1 mL de reactivo DPPH (100 µmol/L, PCode: 101845869, Sigma-Aldrich, Steinheim, Alemania) en un tubo centrífugo de 1,5 mL, se agitó en vortex durante 30 s y se almacenó en la oscuridad a temperatura ambiente (28 °C) durante 30 min. Posteriormente, la mezcla se centrifugó a 12,000×g durante 10 min a 4 °C (Hermle Z323, Wehingen, Alemania). Se tomaron 200 µL del sobrenadante y se depositaron en una placa de 96 pocillos, determinando la absorbancia a 517 nm mediante un lector de microplacas (Epoch, BioTek Instruments, Inc., Winooski, Vermont, EE.UU.).

**El porcentaje de eliminación de DPPH (%DPPHSC) se calculó con la siguiente fórmula:**

Donde Ac es la absorbancia del control y As es la absorbancia de la muestra.

Análisis de la capacidad de eliminación de DPPH en la leche

Las muestras de leche fueron descongeladas y luego centrifugadas a 12,000×g durante 10 min a 4 °C. Se recolectó el sobrenadante y se mezcló con ácido acético al 4 % para precipitar la caseína, según el método de Zhao et al. Luego, la mezcla fue centrifugada nuevamente a 12,000×g durante 15 min a 4 °C. Se tomaron 200 µL del sobrenadante y se mezclaron con 1 mL de reactivo DPPH (200 µmol/L, PCode: 101845869, Sigma-Aldrich, Steinheim, Alemania) en un tubo centrífugo de 1,5 mL. Después de agitar en vortex durante 30 s, la mezcla se almacenó en la oscuridad a temperatura ambiente (28 °C) durante 30 min y luego se centrifugó a 12,000×g durante 10 min a 4 °C (Hermle Z323, Wehingen, Alemania).

Se tomaron 200 µL del sobrenadante y se depositaron en una placa de 96 pocillos, determinando la absorbancia a 517 nm mediante un lector de microplacas (Epoch, BioTek Instruments, Inc., Winooski, Vermont, EE.UU.).

El porcentaje de eliminación de DPPH (%DPPHSC) se calculó con la misma fórmula mencionada anteriormente.

## Análisis estadístico

Los datos sobre el cambio de peso corporal, consumo de alimento, ingesta de nutrientes, producción de leche, leche corregida al 3,5 % de grasa (3,5 % LCG), energía de la leche (EL), eficiencia energética de la leche (EEL), composición de la leche e índices plasmáticos se analizaron mediante la prueba t utilizando SPSS (versión 27, Chicago, IL, EE.UU.). La capacidad de eliminación de DPPH en la leche durante el período de almacenamiento se analizó mediante ANOVA de una vía con prueba de Tukey utilizando SPSS. Se consideró un nivel de significancia de  $p < 0,05$ .

## Resultados

### Peso corporal e ingesta de alimento

No se observaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en el peso corporal entre los dos grupos (Tabla 3).

El consumo de alimento, incluyendo tanto el consumo de forraje como la ingesta total de materia seca, fue significativamente menor ( $p < 0,05$ ) en el grupo AS en comparación con el grupo NG.

Además, la ingesta de nutrientes fue significativamente menor ( $p < 0,001$ ) en el grupo AS, con excepción de la ingesta de extracto etéreo (EE).

Sin embargo, la ingesta de nutrientes expresada como porcentaje del peso corporal no mostró diferencias entre los grupos. No obstante, el grupo AS presentó un aumento significativo ( $p = 0,026$ ) en la ingesta de cenizas expresada como porcentaje del peso corporal.

### Producción y composición de la leche

No se observaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en la producción de leche, leche corregida al 3,5 % de grasa (3,5 % LCG), eficiencia alimenticia (FE), composición nutricional de la leche o rendimiento de nutrientes en la leche entre los dos grupos (Tabla 4).

### Parámetros metabólicos y antioxidantes en sangre

La concentración de nitrógeno ureico en sangre, triglicéridos e insulina no diferieron ( $p > 0,05$ ) entre los dos grupos (Tabla 5). Es importante destacar que la concentración de glucosa en sangre en el grupo AS fue significativamente mayor ( $p < 0,05$ ) que en el grupo NG. Por otro lado, la tasa de

inhibición de SOD y la capacidad de scavenging de DPPH en el plasma del grupo AS fueron significativamente mayores ( $p < 0,05$ ) que en el grupo NG. Las concentraciones de GSH-Px y TAC en plasma no mostraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre los dos grupos.

### **Capacidad de scavenging de DPPH en la leche durante el período de almacenamiento**

Durante el período de almacenamiento, el grupo AS demostró capacidades elevadas ( $p < 0,05$ ) de scavenging de radicales DPPH en los intervalos de 3 y 7 días (Tabla 6). No se observó diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) en la capacidad de scavenging de DPPH a los 0 días entre los dos grupos. Además, en comparación con el grupo AS, el grupo NG experimentó una disminución significativa ( $p < 0,05$ ) en la capacidad de scavenging de DPPH a medida que se extendió el tiempo de almacenamiento, mientras que el grupo AS no mostró cambios significativos ( $p > 0,05$ ).

### **Discusión**

Las antocianinas, un subconjunto de compuestos fenólicos, son conocidas por impartir un sabor amargo distintivo a los alimentos de origen vegetal. El sabor amargo de los compuestos fenólicos proviene de su unión a las regiones hidrofóbicas de las proteínas salivales, precipitándolas e induciendo sensaciones orales de sequedad, aspereza y arrugas. En consecuencia, la disminución en la ingesta de alimentos observada en este estudio puede deberse a la mala palatabilidad del forraje rico en antocianinas. En contraste, Tian et al. encontraron que alimentar a las cabras lecheras con silo de maíz morado rico en antocianinas no tuvo impacto en la ingesta de materia seca (DMI, por sus siglas en inglés). De manera similar, Suong et al. observaron que alimentar con silo de caña de azúcar negra rica en antocianinas no tuvo efecto en la DMI ni en el peso corporal (BW, por sus siglas en inglés) en comparación con el silo de pasto Napier. Las causas de estas diferencias pueden deberse a la alteración de la palatabilidad del forraje por el silo, y los compuestos fenólicos son más tolerados por las cabras que por las vacas. Otra posible razón de la diferencia en la ingesta de alimentos podría ser la diferencia en el contenido de agua entre el pasto Napier y la caña de azúcar negra rica en antocianinas. Estrada et al. demostraron que la ingesta voluntaria de materia seca (DMI) de vacas lecheras alimentadas con pasto fresco aumenta a medida que disminuye el contenido de agua interno del pasto. Aunque la ingesta de alimentos y nutrientes se redujo, el peso corporal y la producción de leche no se vieron afectados.

La producción de leche y la composición de la leche son parámetros importantes para predecir el rendimiento productivo de las vacas en lactancia. De acuerdo con los hallazgos de Tian et al., nuestro estudio determinó que la inclusión de caña de azúcar negra rica en antocianinas en la dieta no afectó negativamente la producción de leche ni la composición de la leche de las vacas lecheras.

Las mediciones de los metabolitos sanguíneos son esenciales para evaluar la salud animal y el estado nutricional. En este estudio, no hubo un efecto significativo del AS sobre la concentración de

nitrógeno ureico en sangre (BUN), triglicéridos e insulina. Estas observaciones coinciden con los hallazgos de Suong et al., quienes indicaron que el silo de caña de azúcar negra rico en antocianinas no tuvo efecto sobre los niveles de BUN, triglicéridos e insulina en cabras. Un resultado similar fue encontrado en cabras lecheras. En contraste, observamos que el grupo AS mostró una concentración de glucosa sanguínea significativamente más alta ( $p < 0,05$ ). Las razones de esta discrepancia no están claras y requieren una mayor exploración.

Normalmente, los radicales libres pueden ser neutralizados por la capacidad antioxidante propia del cuerpo, manteniendo un estado estable. Por ejemplo, la superóxido dismutasa (SOD) convierte el anión superóxido ( $O_2^-$ ) en peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ), que luego es convertido en  $H_2O$  por la glutatión peroxidasa (GSH-Px). Las antocianinas han ganado un amplio reconocimiento por sus excepcionales propiedades antioxidantes. Su poder antioxidante se ejerce principalmente a través de varios mecanismos clave: la eliminación de radicales libres, la quelación de iones metálicos, la modulación de las actividades de las enzimas antioxidantes y la regulación de las vías de transducción de señales dentro de las células. En este estudio, observamos que AS elevó significativamente la tasa de inhibición de SOD y la capacidad de scavenging de DPPH en el plasma. Estos hallazgos sugieren que las antocianinas son biodisponibles, capaces de ser absorbidas en el torrente sanguíneo, donde contribuyen con electrones a los radicales  $O_2^-$ , mejorando así la defensa antioxidante. Este resultado está en línea con la investigación de Tian et al., quienes informaron que las antocianinas del maíz morado aumentaron la tasa de inhibición de SOD y regularon los niveles de expresión génica de SOD2 en cabras lecheras. Sin embargo, las concentraciones de GSH-Px y TAC no mostraron un aumento correspondiente junto con la mayor tasa de inhibición de SOD y la capacidad de scavenging de DPPH. Esto sugiere que el impacto de la suplementación con antocianinas en la actividad antioxidante puede depender de la fuente de los compuestos de antocianina o los umbrales de dosis integrados en las dietas. Por ejemplo, Suong et al. informaron un aumento significativo en las concentraciones sanguíneas de TAC, SOD y GSH-Px en cabras, atribuido a una ingesta de 56,79 mg/día de antocianinas del silo de caña de azúcar negra. En otro estudio, Tian et al. observaron un aumento en la concentración de GSH-Px en la sangre de cabras sin una alteración concurrente en la capacidad de scavenging de DPPH, como resultado de una ingesta de 1,31 mg/día de antocianinas del pigmento de maíz morado. En consecuencia, la incorporación de caña de azúcar negra rica en antocianinas como forraje en las dietas de vacas lecheras en lactancia para mejorar su capacidad antioxidante presenta importantes beneficios prácticos.

La estabilidad oxidativa de la leche durante el almacenamiento es una preocupación crítica para la industria láctea, ya que la oxidación puede conducir al desarrollo de sabores extraños y a una disminución concomitante en la calidad nutricional de estos productos. La oxidación lipídica genera numerosos radicales libres (FR), que a su vez impulsan la peroxidación lipídica, afectando la calidad y el sabor de la leche. Ajmal et al. documentaron una disminución progresiva en la actividad

de scavenging de radicales libres DPPH en la leche cruda inmediatamente enfriada después de la pasteurización, con pérdidas del 25,39% después de 3 días y una disminución adicional al 30,85% después de 6 días. Silva et al. demostraron que la incorporación de antioxidantes en el yogur de leche de cabra influye positivamente en su calidad durante el período de almacenamiento. Los antioxidantes de la leche pueden neutralizar o eliminar los radicales libres, evitando así la oxidación de la leche y mejorando su capacidad antioxidante. Siwach et al. informaron que fortificar la leche con licopeno puede prolongar la vida útil de la grasa de la leche, aprovechando sus propiedades antioxidantes.

El ensayo de DPPH, que mide la capacidad antioxidante de una muestra por su habilidad para eliminar el radical DPPH, es sensible para evaluar la vida útil de la leche, particularmente en las primeras horas y días de almacenamiento. En este estudio, observamos que la capacidad de scavenging de DPPH fue significativamente mayor ( $p < 0,05$ ) en el grupo AS en comparación con el grupo NG después de 3 días de almacenamiento. Por el contrario, a medida que aumentaba el tiempo de almacenamiento, la capacidad de scavenging de DPPH del grupo NG disminuía marcadamente ( $p < 0,05$ ). Esto sugiere que la suplementación con AS en las dietas de vacas lecheras en lactancia puede frenar la peroxidación lipídica al mantener la eliminación de radicales libres, preservando así el sabor y la vida útil de la leche. Estos hallazgos coinciden con los de Tian et al., quienes demostraron que la adición de antocianinas de maíz morado a la leche puede prevenir la oxidación lipídica durante el almacenamiento. Este efecto se atribuye al AS rico en antocianinas, que actúan como donantes de hidrógeno de los radicales libres lipídicos en el proceso de oxidación lipídica y pueden transformarse en radicales libres más estables, permitiéndoles transformarse en formas más estables mientras eliminan efectivamente los radicales peroxilo, previniendo las reacciones en cadena e inhibiendo la formación de peróxidos. De manera similar, Tian et al. informaron que la adición de pigmento de antocianina de maíz morado a la leche mejora la actividad antioxidante y aumenta las puntuaciones sensoriales. Por lo tanto, incorporar caña de azúcar negra rica en antocianinas como forraje en las dietas de vacas lecheras en lactancia puede mitigar la peroxidación lipídica, prolongando la vida útil de la leche mediante la preservación de la capacidad de scavenging de radicales libres de la leche. Esta estrategia está en línea con la preferencia del consumidor por mejoras naturales y no aditivas en los productos alimenticios.

## Conclusión

Encontramos que la caña de azúcar negra (AS) no alteró la producción de leche ni la composición de la leche, lo que coincide con los perfiles de peso corporal y nutrientes de la leche observados entre los grupos AS y NG. Sin embargo, la AS condujo a mejoras notables en ciertos parámetros fisiológicos, particularmente aquellos relacionados con la capacidad antioxidante plasmática. El plasma del grupo AS mostró mayores tasas de inhibición de SOD y capacidades de eliminación de radicales DPPH en comparación con el grupo NG. Además, la leche del grupo AS exhibió un

aumento significativo en la capacidad de eliminación de radicales DPPH después de 3 días de almacenamiento, lo que sugiere que la AS podría mejorar la estabilidad oxidativa de la leche durante el almacenamiento. Estos resultados destacan el potencial de la AS para mejorar la capacidad antioxidante de las vacas lecheras en lactancia, lo que podría tener implicaciones beneficiosas para una mejor preservación de la calidad de la leche y, potencialmente, contribuir de manera positiva a la salud de las vacas.

Fuente.

<https://www.nature.com/articles/s41598-025-88010-7>

PDF gráficas . <https://www.nature.com/articles/s41598-025-88010-7>.

## Clic Fuente

## Clic PDF y Gráficas

