

## **LAS VACAS LECHERAS ALIMENTADAS CON UNA DIETA BAJA EN ENERGÍA ANTES DEL SECADO MUESTRAN SIGNOS DE HAMBRE A PESAR DE TENER ACCESO AD LIBITUM A LA ALIMENTACIÓN.**

Guilherme Amorim Franchi, Mette S. Herskin & Margit Bak Jensen

El secado es un paso importante en la gestión de las granjas lecheras comerciales y consiste en cesar la producción de leche de manera artificial en un punto específico en el tiempo, generalmente 2 meses antes del próximo parto. El secado generalmente implica cambios en la dieta, así como cambios graduales o abruptos en la frecuencia diaria de ordeño, lo cual puede afectar el bienestar de las vacas de alto rendimiento. Este estudio investigó los efectos aislados y combinados de diferentes densidades energéticas de la alimentación (dieta normal de lactancia versus dieta reducida en energía, ambas ofrecidas ad libitum) y frecuencias diarias de ordeño (dos veces versus una vez) en la motivación alimentaria de las vacas lecheras en dos días separados antes del secado (es decir, el día del último ordeño) utilizando un comedero con puerta de empuje. Durante ambos días, las vacas con la dieta reducida en energía empujaron más de cinco veces más peso para obtener la recompensa alimentaria final y fueron casi diez veces más rápidas para alimentarse con la primera recompensa que las vacas con la dieta normal de lactancia. Estos resultados ilustran la importancia de desarrollar un manejo del secado más amigable con el bienestar animal, ya que muestran que las vacas muestran signos de hambre antes del secado cuando se les proporciona una dieta con una densidad energética reducida, a pesar de ofrecerse para consumo ad libitum.

Un paso importante en la producción de leche a nivel mundial es detener artificialmente la producción de leche en un momento específico durante la lactancia, generalmente alrededor de 60 días antes del próximo parto, en un proceso llamado secado. El período seco resultante cubre las últimas semanas de gestación. El secado abrupto es una práctica común en muchas granjas lecheras comerciales, pero el manejo del secado también puede ser gradual, incluyendo la alimentación con dietas bajas en energía y la reducción de la frecuencia de ordeño antes del último día de ordeño. Un período seco antes de la próxima lactancia asegura la regeneración de las células de la ubre, aumenta la producción de leche en la lactancia siguiente y facilita el tratamiento de posibles infecciones intramamarias.

Sin embargo, el secado puede afectar el bienestar de las vacas. Por ejemplo, antes del secado, las vacas suelen ser trasladadas de su grupo de residencia a un corral de secado, lo que puede causar estrés debido a un nuevo entorno y el establecimiento de nuevas relaciones de dominancia. Además, la interrupción repentina del ordeño en vacas de alto rendimiento difiere considerablemente de la disminución gradual en la producción de leche que se observa en el entorno natural. Como resultado, la interrupción repentina del ordeño puede aumentar la presión en la ubre debido a la acumulación de leche y provocar malestar, mayor incidencia de fugas de leche e infecciones intramamarias después del secado. Al mismo tiempo, las vacas pueden experimentar restricción cuantitativa o cualitativa de la alimentación para reducir el suministro de nutrientes a la ubre y, por lo tanto, la producción de leche antes del último ordeño. Sin embargo, estudios anteriores han informado sobre estrés metabólico y un mayor número de vocalizaciones en vacas alimentadas con una dieta restringida o con una dieta reducida

en energía para consumo ad libitum antes del último ordeño, lo que sugiere algunas consecuencias perjudiciales de estas estrategias de alimentación.

Además, continuar alimentando con una dieta de lactancia hasta el último ordeño podría beneficiar a las vacas evitando un balance energético negativo antes del inicio del período seco, aunque el cambio negativo en la calidad de la dieta el día del secado sería más abrupto. Sin embargo, se sabe poco sobre los efectos del manejo del secado en la motivación alimentaria de las vacas lecheras. Una forma de obtener conocimiento sobre las consecuencias específicas del secado en la motivación alimentaria es realizar una prueba de comportamiento estandarizada que estimule una respuesta conductual significativa relacionada específicamente con el alivio de una presunta insuficiencia calórica.

Las pruebas de motivación pueden basarse en respuestas operantes y dependen de un equilibrio entre un recurso deseado y el desempeño de una respuesta operante para obtener acceso al recurso en cuestión. Aunque hasta ahora no se ha investigado específicamente sobre las vacas alrededor del secado, se han aplicado diferentes paradigmas para investigar la motivación alimentaria en el ganado. Por ejemplo, se ha requerido a los animales caminar largas distancias, empujar una puerta con peso, etc.

El presente estudio investigó los efectos aislados y combinados de diferentes densidades energéticas de la alimentación (dieta normal de lactancia versus dieta reducida en energía, ambas ofrecidas para consumo ad libitum) y frecuencias diarias de ordeño (dos veces versus una vez) en la motivación alimentaria de las vacas lecheras en dos días separados antes del último ordeño utilizando un comedero con puerta de empuje ponderado. Se planteó la hipótesis de que las vacas con la dieta reducida en energía estarían más motivadas para alimentarse y, en consecuencia, mostrarían una menor latencia para obtener la primera recompensa alimentaria y empujarían de forma progresiva un mayor peso en el comedero con puerta para obtener recompensas alimentarias sucesivas. Además, se esperaba que el ordeño dos veces al día aumentara la motivación alimentaria debido a un mayor requerimiento de nutrientes.

## **Materiales y métodos**

Este estudio se llevó a cabo desde febrero hasta agosto de 2018 en el Centro de Investigación de Ganado Danés, Universidad de Aarhus, Foulum, DK-8830, Tjele, Dinamarca, y fue parte de un experimento más grande que investigaba los efectos de diferentes estrategias de secado en la productividad, metabolismo y bienestar de vacas lecheras de alto rendimiento. Todos los procedimientos que involucraban animales fueron aprobados por la Inspección de Experimentos con Animales de Dinamarca de acuerdo con la Ley del Ministerio de Justicia danés No. 1306 (23 de noviembre de 2007), número de aprobación 2017-15-0201-01230. La información sobre el rebaño residente y la vivienda, el experimento más grande que incluye la composición de las dietas, los animales en el experimento más grande y las ilustraciones del diseño experimental se pueden encontrar en el Material Suplementario.

## **Diseño experimental, criterios de inclusión y asignación de tratamientos.**

Como parte del experimento más grande que sigue un diseño factorial 2x2 con la densidad energética de la alimentación (dieta normal de lactancia versus dieta reducida

en energía, ambas ofrecidas para consumo ad libitum) y la frecuencia diaria de ordeño (dos veces versus una vez), las vacas fueron asignadas a uno de los cuatro tratamientos a partir de 7 días (D-7) antes del último día de ordeño (día de secado).

Todas las vacas del rebaño residente que cumplían los siguientes criterios fueron incluidas en el estudio: vacas Holstein puras lactantes y preñadas; entre 210 y 240 días de gestación en el día programado de secado; en su primera a tercera lactancia; produciendo un promedio de al menos 15 kg de leche por día 3 semanas antes del último ordeño y con una puntuación de condición corporal de 2 a 4 en D-14 en relación al día de secado. Cada dos semanas, se inscribieron lotes de 1 a 6 vacas que cumplían estos criterios y se trasladaron a un corral experimental en D-7. No se incluyeron en el estudio vacas inscritas previamente en el experimento, vacas con una puntuación de locomoción de 4 o 5 dentro de los 2 meses posteriores al inicio del experimento, o tratadas con antibióticos por enfermedades clínicas entre D-21 y D-14 en relación al secado.

En total, un experimentador principal (el primer autor) y siete asistentes manejaron las vacas y recopilaron los datos. A lo largo del período experimental, los experimentadores desconocían la asignación de tratamientos. Además, los experimentadores desconocían la frecuencia diaria de ordeño y en parte desconocían las dietas debido a que eran visibles en los comederos. Dentro de la paridad (vacas primíparas y multíparas), las vacas se asignaron a bloques de ocho según la fecha del último parto y luego se asignaron al azar al tratamiento dentro de la paridad y el bloque. El personal del establo llevaba las vacas a un sistema de ordeño automático (AMS) (DeLaval, Tumba, Suecia) para ser ordeñadas una vez (entre las 05:30 h y las 07:00 h) o dos veces (entre las 05:30 h y las 07:00 h y entre las 15:30 h y las 16:30 h) al día. Se entregaba alimento fresco cuatro veces al día, comenzando a las 06:30 h, 10:30 h, 14:00 h y 19:30 h, y los comederos informatizados (Insentec B.V., Marknesse, Países Bajos) se bloqueaban de forma remota durante aproximadamente 40 minutos mientras se entregaba alimento. La dieta normal de lactancia era una ración parcialmente mezclada (PMR), y la dieta reducida en energía se basaba en la misma PMR pero contenía un 70% de la ración normal de lactancia y un 30% de paja de cebada picada (aproximadamente 2 cm de longitud) junto con minerales adicionales para lograr el mismo suministro mineral que la dieta normal de lactancia. Los detalles de las dos dietas se muestran en la Tabla 1 del Material Suplementario. Además, a cada vaca se le ofrecía una cantidad limitada de concentrado (composición principal descrita en el Material Suplementario) diariamente en el AMS. Se ofrecían 3 kg de concentrado por día a las vacas con la dieta normal de lactancia, mientras que se ofrecían 1 kg de concentrado por día a las vacas con la dieta reducida en energía. Los 3 kg eran los que se ofrecían con la dieta normal. Los 1 kg se reducían para equilibrar la asignación de concentrado equivalente a la PMR reducida pero aún atraer a las vacas al AMS. Desde el día de secado hasta el parto y el inicio de la próxima lactancia, las vacas se alimentaron con una ración para vacas secas y ya no se ordeñaron.

### **Animales incluidos en el estudio actual.**

Se incluyeron en este estudio treinta y dos vacas Holstein lactantes preñadas (13 primíparas y 19 multíparas, media  $\pm$  desviación estándar =  $1.7 \pm 0.7$ ). Su inclusión continuó hasta alcanzar ocho vacas por tratamiento de acuerdo con un cálculo de potencia para un análisis de varianza de una vía de dos lados equilibrado, con un poder del 80%, un tamaño de efecto medio-alto y un nivel de significancia del 5%. Las vacas evaluadas (media  $\pm$  desviación estándar) pesaban  $765 \pm 79$  kg, tenían  $231 \pm 6$  días en lactancia y producían  $25.4 \pm 7.6$  kg de leche por día en D-7.

La ingesta promedio diaria de energía se estimó para cada tratamiento entre el D-6 y el D-1. Los cálculos se basaron en la energía neta para la lactancia por kg de materia seca en cada dieta (Tabla 1 en el Material Suplementario) y en la ingesta diaria total de materia seca (ingesta diaria de la dieta particular registrada por los contenedores de alimentación informatizados y la ingesta de concentrado registrada en el AMS). Las vacas alimentadas con la dieta normal de lactancia y ordeño dos veces al día consumieron (media  $\pm$  desviación estándar)  $122,3 \pm 29,0$  MJ/día, las vacas alimentadas con la dieta normal de lactancia y ordeño una vez al día consumieron  $128,8 \pm 12,1$  MJ/día, las vacas alimentadas con la dieta reducida en energía y ordeño dos veces al día consumieron  $66,6 \pm 20,0$  MJ/día y las vacas alimentadas con la dieta reducida en energía y ordeño una vez al día consumieron  $74,0 \pm 19,4$  MJ/día. En resumen, las vacas alimentadas con la dieta normal de lactancia consumieron  $126,0 \pm 22,3$  MJ/día frente a las  $69,4 \pm 20,0$  MJ/día consumidas por las vacas alimentadas con la dieta reducida en energía, lo que representa una diferencia de aproximadamente el 45% en la ingesta diaria de energía.

Además, se estimó el rendimiento promedio de leche por tratamiento entre el D-6 y el D-1 en base a la información recopilada por el AMS. Las vacas alimentadas con la dieta normal de lactancia y ordeño dos veces al día produjeron (media  $\pm$  desviación estándar)  $22,1 \pm 9,2$  kg/día, las vacas alimentadas con la dieta normal de lactancia y ordeño una vez al día produjeron  $18,9 \pm 6,3$  kg/día, las vacas alimentadas con la dieta reducida en energía y ordeño dos veces al día produjeron  $18,8 \pm 6,5$  kg/día y las vacas alimentadas con la dieta reducida en energía...y ordeño una vez al día produjeron  $15,2 \pm 3$  kg/día. En general, las vacas ordeñadas dos veces al día produjeron  $20,4 \pm 7,9$  kg/día en comparación con las vacas ordeñadas una vez al día que produjeron  $17 \pm 5,2$  kg/día, lo que representa una diferencia de aproximadamente el 17% en el rendimiento diario de leche.

### **Sitio experimental y aparatos.**

Las pruebas de motivación alimentaria se realizaron en un edificio experimental de acero galvanizado (Future RundbuehallerTM, Tarm, Dinamarca) con ventilación natural (descrito en las Figuras Suplementarias 1 y 2), ubicado en el patio junto al establo residencial en el Centro de Investigación de Ganado de Dinamarca, aproximadamente a 100 m del corral de las vacas experimentales. El edificio tenía un tamaño de  $12 \times 10$  m y el suelo estaba cubierto con 10 cm de arena. Se construyeron dos corrales de prueba y un corral compañero colocado en el centro (cada uno de  $5 \times 3$  m) con lados de corral hechos de barras tubulares galvanizadas.

Para probar la motivación alimentaria de las vacas, se instalaron dos alimentadores con puertas de empuje (ilustrados en la Figura Suplementaria 3) frente a la entrada de cada corral de prueba. La puerta de cada alimentador medía  $127 \times 55$  cm (altura  $\times$  anchura), pesaba aproximadamente 8 kg y estaba construida con barras de metal tubulares de 3 cm de diámetro espaciadas a 10,5 cm de distancia. Las puertas estaban equipadas con una tabla de madera de  $72,5 \times 50,0$  cm (altura  $\times$  anchura), creando una superficie sólida donde las vacas podían empujar con la boca o la frente. Perpendicularmente a la parte exterior de cada puerta se encontraban dos barras de metal de  $33 \times 1$  cm (longitud  $\times$  anchura) en las que se podían colocar hasta 17 placas de hierro de 10 kg. Las vacas podían ver un comedero de  $47 \times 27$  cm, colocado debajo de la puerta del alimentador y fuera del corral, a través de una abertura inferior de 7 cm debajo de la tabla de madera.

La fuerza dinámica dirigida hacia la parte inferior y el punto medio de la tabla de madera necesaria para mover la puerta, sin peso adicional, hasta que alcanzara un gancho y quedara permanentemente abierta, se midió con un dinamómetro (Sauter FK 500, Sauter GmbH, Balingen, Alemania). En total, se tomaron 10 medidas (cinco en la parte inferior y cinco en el punto medio, los dos puntos estaban separados por 30 cm). La fuerza media necesaria para abrir cada una de las cuatro puertas sin peso se incluyó en el análisis estadístico para controlar las diferencias en resistencia entre las puertas de los alimentadores. En todos los alimentadores, la fuerza media necesaria para abrir las puertas fue (media  $\pm$  desviación estándar) de  $28,8 \pm 1,2$  N y  $44 \pm 1,4$  N para la parte inferior y el punto medio, respectivamente. En cuanto a ambos puntos en cada puerta y todas las puertas, la fuerza media necesaria para abrir las puertas fue de  $36,4 \pm 1,2$  N. Además, también se midió la fuerza dinámica dirigida a la parte inferior de la tabla de madera necesaria para mover la puerta hasta que alcanzara un gancho y quedara permanentemente abierta a cada precio posible (de 8 a 178 kg). En total, se tomaron dos medidas en cada precio posible para calcular la fuerza media necesaria para abrir cada una de las cuatro puertas. Entre todos los alimentadores, el precio y la fuerza media respectiva para abrir cada puerta se correlacionaron casi perfectamente ( $r = 0,99$ ,  $P < 0,001$ ).

## **Procedimientos, entrenamiento y pruebas.**

En el primer día del experimento más grande (D-7), el personal del establo separó a las vacas del grupo residente entre las 05:00 h y las 08:30 h para ser ordeñadas antes de ser trasladadas al corral experimental en el establo de residencia (como parte del experimento más grande). Durante la separación, las vacas pudieron alimentarse como de costumbre, mientras que en el corral experimental los comederos estaban vacíos. Una vez que las vacas estuvieron en el corral experimental, tuvieron 30 minutos para familiarizarse con el nuevo entorno, después de lo cual se les examinó clínicamente y se marcaron con fines del experimento más grande. Posteriormente, alrededor de las 10:00 h, antes de que se entregaran las dietas experimentales a las vacas, se las llevó en parejas o tríos al salón experimental para familiarizarse con los corrales de prueba y entrenarlas para abrir las puertas de los comederos. Por lo tanto, las vacas estuvieron privadas de alimento durante aproximadamente 90 minutos antes de ingresar al salón experimental.

Al llegar al salón, la asignación de corrales para las vacas fue "primero en entrar, primero en quedarse", y cada vaca regresaba al mismo corral en los días de prueba subsiguientes. En el caso de los tríos, una vaca comenzaba en el corral compañero y cambiaba de posición con la primera vaca entrenada o probada. En el día de entrenamiento, cada vaca tenía 10 minutos para explorar el corral de prueba con los comederos abiertos y vacíos. Posteriormente, cada vaca pasaba por un proceso de entrenamiento de 3 pasos para aprender a abrir la puerta del comedero que se le asignaría con concentrado. Un comedero, predeterminado al azar según la asignación vaca-tratamiento, recibía concentrado (0.8 kg) y la puerta estaba abierta. El primer paso que las vacas debían cumplir era alimentarse del concentrado durante 3 segundos. Si tenían éxito, el experimentador cerraba la puerta e iniciaba el segundo paso, en el que las vacas debían repetir el paso 1, pero con la puerta inicialmente cerrada. Primero, el experimentador abría la puerta y, lentamente (sosteniendo las barras metálicas externas), dejaba una brecha de 5 cm entre la puerta y el canal. Si la vaca lograba empujar la puerta hasta que llegara al gancho, que mantenía la puerta completamente abierta, y se alimentaba, la vaca avanzaba al tercer y último paso, que era una repetición del paso 2. Después de ser entrenadas con el concentrado, se les ofrecía paja de cebada sin cortar

en el segundo comedero durante 5 minutos. En los días D-5 y D-2 antes del último ordeño (días de prueba), las vacas encontraron concentrado en el mismo comedero que durante el entrenamiento. Durante los días de prueba, se ofrecía paja de cebada sin cortar en el otro comedero, que permanecía abierto durante toda la prueba (opción de alimento sin costo). Cinco vacas no cumplieron con los criterios de aprendizaje en el día D-7 y pasaron por un proceso de entrenamiento repetido en el día D-5 antes de que comenzaran las pruebas. El tiempo promedio de entrenamiento por vaca, incluyendo los 5 minutos con acceso a la paja, fue de 21 minutos. Dos vacas (ambas ordeñadas dos veces al día, pero una alimentada con la dieta normal de lactancia y la otra alimentada con la dieta reducida en energía) no prestaron atención al concentrado y no alcanzaron el criterio de aprendizaje en ambos días. Por lo tanto, no se les realizaron más pruebas. Así, 34 vacas visitaron el salón experimental y se incluyeron 32 vacas (de 10 grupos) en el estudio.

En los días D-5 y D-2, entre las 12:00 h y las 14:30 h, las vacas fueron conducidas con calma al salón experimental siguiendo el mismo manejo y asignación de corrales que durante el entrenamiento. Cuando las vacas ingresaron a los corrales de prueba, los comederos estaban vacíos, cerrados y bloqueados. Cada vaca fue probada individualmente. Primero, al comedero que contenía concentrado durante el entrenamiento se le asignaron 0.8 kg de concentrado, mientras que el otro comedero se llenó con paja de cebada sin cortar. Posteriormente, se desbloqueó el comedero de concentrado, pero se mantuvo cerrado, y se desbloqueó y abrió el comedero de paja (y se dejó abierto durante toda la prueba). Luego, las vacas tenían 5 minutos para abrir la puerta del comedero de concentrado y alimentarse del concentrado (video complementario). Una medida de resultado fue el tiempo de latencia para alimentarse con concentrado por primera vez. Cada vez que una vaca se alimentaba del concentrado durante 3 segundos, contados desde el momento en que la puerta alcanzaba el gancho y se mantenía abierta, el experimentador cerraba y bloqueaba la puerta. Luego, el tiempo restante hasta el próximo

Se retiraba el concentrado, se colocaba una nueva porción de 0.8 kg de concentrado en el comedero y se agregaba una placa de hierro de 10 kg sobre el comedero en un plazo de 30 segundos. Este paso se repetía (nueva porción de 0.8 kg de concentrado y 10 kg adicionales en la puerta) hasta que transcurrieran 5 minutos sin ningún intento de abrir la puerta, o hasta que la vaca alcanzara el límite máximo de peso de 178 kg (8 kg de la puerta + 17 placas de hierro de 10 kg). El peso final (incluyendo los 8 kg de la puerta) empujado por cada vaca se registraba como el precio máximo pagado por la vaca para alimentarse. La cantidad de concentrado consumida durante cada recompensa se registraba como 0.8 kg menos los restos. También se registraba la cantidad de paja de cebada consumida como la cantidad inicial proporcionada menos los restos. Las sesiones de prueba tenían una duración media de  $13 \pm 8$  minutos. Además, la elección de los días de prueba se hizo para adaptarse al calendario semanal del experimento más grande y para brindar a las vacas la oportunidad de adaptarse conductualmente a sus respectivas raciones alimentarias.

## **Variables y tratamiento estadístico.**

Los datos se analizaron en R versión 3.6.134. Los valores de  $p < 0.05$  se consideraron significativos, los valores de  $0.1 > p \geq 0.05$  se consideraron tendencias. La evaluación de la motivación alimentaria se basó en el precio máximo pagado (peso empujado) para obtener una recompensa alimentaria, la latencia para alimentarse de la primera recompensa alimentaria y la tasa de consumo (es decir, la cantidad de concentrado consumida por visita de 3 segundos). Cada una de estas variables de respuesta se analizó utilizando modelos mixtos de efectos fijos y aleatorios.

Los modelos iniciales incluyeron la densidad energética de la alimentación (lactancia normal; reducción de energía), la frecuencia diaria de ordeño (dos veces; una vez), el día de prueba en relación con el último ordeño (D-5; D-2), la paridad (primíparas; múltiparas) y sus interacciones (2 vías; 3 vías; 4 vías) como efectos fijos. Se incluyeron la vaca y la fuerza media requerida para abrir la puerta sin peso específica como efectos aleatorios. Para cada variable de respuesta, se eliminaron secuencialmente todas las interacciones no significativas utilizando un procedimiento de eliminación paso a paso hacia atrás con un criterio de exclusión de  $p > 0.2$ , excepto la interacción entre la densidad energética de la alimentación y la frecuencia diaria de ordeño. Se tuvieron en cuenta las 32 vacas que fueron entrenadas antes de las pruebas en los análisis.

El modelo mixto de efectos lineales 35 para el precio máximo incluyó la densidad energética de la alimentación, la frecuencia diaria de ordeño, el día de prueba, la paridad y la interacción de 2 vías entre la densidad energética de la alimentación y la frecuencia diaria de ordeño como efectos fijos. Se incluyeron la vaca y la fuerza como efectos aleatorios. Los residuos se verificaron gráficamente para comprobar la normalidad y la homogeneidad de varianza utilizando gráficos Q-Q, histogramas y gráficos de los residuos en función de los valores ajustados. No se encontraron desviaciones de estas dos suposiciones. Posteriormente, se realizaron análisis post hoc con medias ajustadas de Tukey<sup>36</sup>.

Las latencias para alimentarse de la primera recompensa alimentaria se evaluaron mediante el modelo de riesgos proporcionales mixtos de Cox<sup>37</sup> utilizando el análisis de supervivencia<sup>38</sup>. El modelo incluyó la densidad energética de la alimentación, la frecuencia diaria de ordeño, el día de prueba, la paridad y la interacción de 2 vías entre la densidad energética de la alimentación y la frecuencia diaria de ordeño como efectos fijos, y la vaca y la fuerza como efectos aleatorios. La adecuación del modelo se verificó evaluando la significancia de la prueba de enlace logarítmico integrado. Una razón de tasa de riesgo (HRR, por sus siglas en inglés)  $> 1$  indica una mayor probabilidad de alimentarse en un nivel en comparación con el otro nivel de cada variable explicativa categórica; mientras tanto,  $0 < \text{HRR} < 1$  indica una menor probabilidad de alimentación en comparación con el otro nivel.

Además, la tasa de consumo se analizó utilizando un modelo mixto de efectos lineales<sup>35</sup>. El modelo incluyó la densidad energética de la alimentación, la frecuencia diaria de ordeño, el día de prueba, la paridad y la interacción de 2 vías entre la densidad energética de la alimentación y la frecuencia diaria de ordeño como efectos fijos, mientras que los efectos aleatorios fueron la vaca y la fuerza. Los residuos se verificaron gráficamente para comprobar la normalidad y la homogeneidad de varianza utilizando gráficos Q-Q, histogramas y gráficos de los residuos en función de los valores ajustados. No se encontraron desviaciones de estas dos suposiciones. Posteriormente, se realizaron análisis post hoc con medias ajustadas de Tukey<sup>36</sup>.

Además, la proporción de vacas que consumieron paja de cebada en cada tratamiento en cada día de prueba se analizó mediante el Test Exacto de Fisher<sup>34</sup>.

## Resultados

Los resultados se presentan como medias de mínimos cuadrados y error estándar de la media (l.s.m.  $\pm$  s.e.m.), a menos que se indique lo contrario.

En el D-5, ocho vacas no interactuaron con el alimentador (todas recibieron la dieta normal de lactancia, tres fueron ordeñadas una vez al día y cinco fueron ordeñadas dos veces al día). En el D-2, 10 vacas (de las cuales siete eran las mismas vacas que en el D-5) no interactuaron con el alimentador (todas recibieron la dieta normal de lactancia, tres fueron ordeñadas una vez al día y siete fueron ordeñadas dos veces al día). Por lo

tanto, estas observaciones tuvieron un precio máximo de cero y la latencia se censuró porque las vacas no alimentaron la primera recompensa de alimento dentro de la duración de la prueba (5 minutos). Las vacas con la dieta reducida en energía mostraron una mayor motivación para alimentarse, como se indica por el mayor peso máximo empujado para obtener recompensas de alimento (Figura 1) y por la menor latencia para obtener la primera recompensa de alimento en comparación con las vacas con la dieta normal de lactancia (Figura 2). Durante ambos días de prueba, las vacas con la dieta reducida en energía alcanzaron un precio máximo pagado de  $92,8 \pm 13,4$  kg en comparación con  $19,9 \pm 12,4$  kg para las vacas con la dieta normal de lactancia ( $F_{1,26,7} = 18,2$ ,  $P < 0,001$ ). Cuatro vacas (una en ambos días de prueba y tres en el D-2), todas recibiendo la dieta reducida en energía, alcanzaron el límite máximo de trabajo. No se encontraron efectos significativos de la frecuencia diaria de ordeño ( $F_{1,26,9} = 0,6$ ,  $P = 0,46$ ), el día de prueba ( $F_{1,31} = 1,1$ ,  $P = 0,31$ ), la paridad ( $F_{1,26,9} = 0,3$ ,  $P = 0,59$ ) ni la interacción entre la densidad energética de la alimentación y la frecuencia diaria de ordeño ( $F_{1,25,5} = 0,7$ ,  $P = 0,4$ ) en el precio máximo.

Las vacas que recibieron la dieta reducida en energía tardaron mucho menos tiempo (mediana; IQR) (35 s, 14 a 69 s) en acercarse al alimentador experimental y alimentarse con la primera recompensa de alimento que las vacas alimentadas con la dieta normal de lactancia (300 s; 118 a 300 s) (HRR = 8,5, IC del 95%: 7,6 a 9,4, Wald (z) = 4,77,  $P < 0,001$ ). No se encontraron efectos significativos de la frecuencia diaria de ordeño (Wald (z) = -0,9,  $P = 0,36$ ), el día de prueba (Wald (z) = -1,2,  $P = 0,25$ ), la paridad (Wald (z) = 0,6,  $P = 0,55$ ) ni la interacción entre la densidad energética de la alimentación y la frecuencia diaria de ordeño (Wald (z) = 0,1,  $P = 0,93$ ) en la latencia para alimentarse.

En ambos días, el consumo de concentrado por vaca osciló entre 0 y 3 kg. La cantidad promedio de concentrado consumido por visita de 3 segundos fue de  $0,1 \pm 0,01$  kg. No se encontraron efectos significativos de la densidad energética de la alimentación ( $F_{1,20,6} = 0,4$ ,  $P = 0,53$ ), la frecuencia diaria de ordeño ( $F_{1,18} = 1,5$ ,  $P = 0,23$ ), el día de prueba ( $F_{1,20,7} = 1,3$ ,  $P = 0,26$ ) ni la interacción entre la densidad energética de la alimentación y la frecuencia diaria

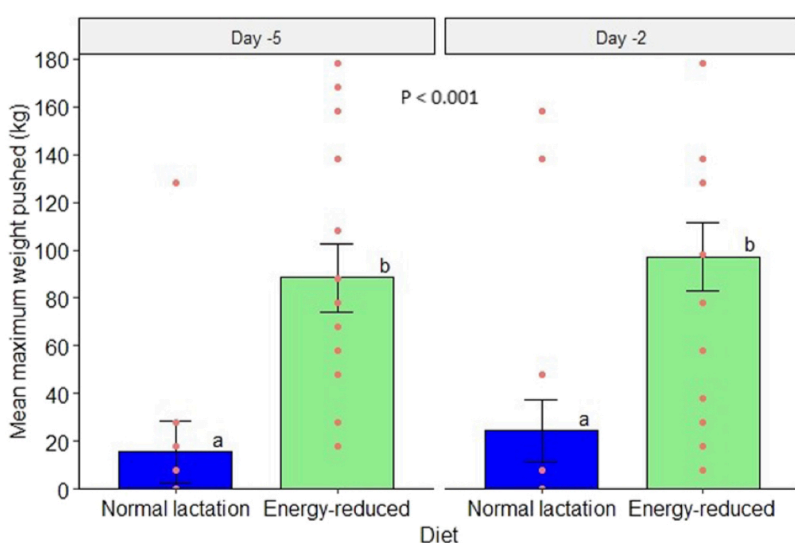


Figura 1. Peso máximo promedio empujado para alimentarse desde el comedero con puerta de empuje. En ambos días de prueba, las vacas con dieta de reducción de energía ( $n = 16$ ) mostraron una mayor motivación para alimentarse y estuvieron dispuestas a trabajar más duro para obtener recompensas alimentarias en comparación con las vacas alimentadas con la dieta de lactancia normal ( $n = 16$ ). Las barras representan las medias de mínimos cuadrados y las barras de error indican el



error estándar de la media. Las letras y los rellenos de las barras diferentes representan diferencias estadísticas con un nivel de significancia de  $P < 0,001$  (bilateral). Los puntos rojos representan cada vaca dentro de cada dieta e ilustran la variación individual en el peso máximo empujado.

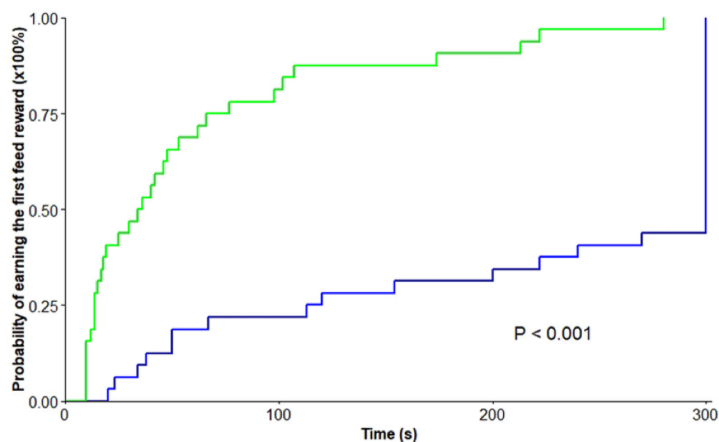


Figura 2. Gráfico de supervivencia de la probabilidad de las vacas de obtener la primera recompensa alimentaria en un plazo de 5 minutos. El eje Y muestra la probabilidad de que las vacas se acerquen a un comedero en particular y obtengan la primera recompensa alimentaria, y el eje X muestra el tiempo, en segundos, que les lleva a las vacas comenzar a alimentarse. En ambos días de prueba, las vacas con dieta de reducción de energía ( $n = 16$ ) (línea verde) obtuvieron la

primera recompensa alimentaria mucho más rápido que las vacas alimentadas con la dieta de lactancia normal ( $n = 16$ ) (línea azul) antes del secado. Además, menos del 50% de las vacas alimentadas con la dieta de lactancia normal obtuvieron la primera recompensa alimentaria en un plazo de 5 minutos. Los diferentes colores de línea representan diferencias estadísticas con un nivel de significancia de  $P < 0,001$  (bilateral).

No se encontraron efectos significativos de la densidad energética de la alimentación y la frecuencia diaria de ordeño ( $F_{1,19.6} = 1$ ,  $P = 0.32$ ) en la cantidad de concentrado consumido por visita. Sin embargo, las vacas primíparas consumieron significativamente más concentrado por visita ( $0.12 \pm 0.02$  kg) que las vacas múltiparas ( $0.07 \pm 0.02$  kg) ( $F_{1,18} = 5$ ,  $P = 0.037$ ).

En el D-5, 12 vacas consumieron paja de cebada [tres vacas con dieta normal de lactancia y ordeño una vez al día ( $0.03 \pm 0.01$  kg); dos vacas con dieta normal de lactancia y ordeño dos veces al día ( $0.04 \pm 0.02$  kg); cuatro vacas con dieta reducida en energía y ordeño una vez al día ( $0.13 \pm 0.1$  kg); tres vacas con dieta reducida en energía y ordeño dos veces al día ( $0.06 \pm 0.05$  kg)]. En el D-2, 12 vacas (la mitad eran las mismas vacas que en el D-5) consumieron paja de cebada [cuatro vacas con dieta normal de lactancia y ordeño una vez al día ( $0.05 \pm 0.03$  kg); dos vacas con dieta normal de lactancia y ordeño dos veces al día ( $0.16 \pm 0.14$  kg); tres vacas con dieta reducida en energía y ordeño una vez al día ( $0.02 \pm 0.01$  kg); tres vacas con dieta reducida en energía y ordeño dos veces al día ( $0.09 \pm 0.06$  kg)]. En ambos días de prueba, no se encontraron diferencias entre los tratamientos en la proporción de vacas que consumieron paja (odds ratio = 1.1,  $P > 0.1$ ).

## Discusión

Este estudio evaluó cómo diferentes estrategias de secado afectan la motivación para alimentarse en vacas utilizando un comedero operante con una puerta ponderada donde el peso requerido para obtener una recompensa fija aumentaba progresivamente. Confirmamos la hipótesis de que una mayor proporción de paja en la dieta de lactancia

normal (reduciendo su densidad energética y, en consecuencia, la ingesta de alimento y energía) aumenta la motivación para alimentarse.

La práctica típica de reducir la provisión de nutrientes para reducir la síntesis de leche antes.

Este estudio evaluó cómo diferentes estrategias de secado afectan la motivación para alimentarse en vacas utilizando un comedero operante con una puerta ponderada donde el peso requerido para obtener una recompensa fija aumentaba progresivamente. Confirmamos la hipótesis de que una mayor proporción de paja en la dieta de lactancia normal (reduciendo su densidad energética y, en consecuencia, la ingesta de alimento y energía) aumenta la motivación para alimentarse.

La práctica típica de reducir la provisión de nutrientes para reducir la síntesis de leche antes del secado se ha informado que tiene consecuencias negativas para el bienestar de las vacas lecheras de alta producción. Por ejemplo, en estudios donde las vacas fueron alimentadas solo con paja, mostraron un estrés metabólico más profundo y una mayor concentración plasmática de cortisol en comparación con las vacas que recibieron una dieta basada en silo una semana antes del secado. Del mismo modo, se ha informado que las vacas alimentadas solo con heno presentan un deterioro metabólico relevante en comparación con las vacas alimentadas con una dieta de lactancia normal durante 5 días antes del secado. Además, se ha informado de un mayor número de vocalizaciones en vacas lecheras que se alimentaron con una cantidad restringida de alimento o con una dieta restringida en energía antes del secado. Si bien los niveles más altos de cortisol pueden sugerir estrés fisiológico, el aumento de las vocalizaciones puede ilustrar una respuesta de estrés conductual y experiencias emocionales negativas. Sin embargo, ambas son respuestas generales y el presente estudio es el primero en investigar la motivación para alimentarse en vacas con una dieta reducida en energía antes del secado mediante el uso de una metodología de condicionamiento operante. Este paradigma permite una interpretación objetiva de comportamientos específicos (es decir, la latencia para obtener la primera recompensa, que refleja la motivación para obtener el concentrado y empujar una puerta ponderada para acceder a las recompensas alimentarias) motivados por el hambre.

De manera inesperada, este estudio no encontró ningún efecto sustancial de la frecuencia diaria de ordeño en la motivación para alimentarse, lo cual se ha informado en otras investigaciones. Esperábamos que las vacas ordeñadas dos veces al día y alimentadas con una dieta reducida en energía tuvieran una mayor motivación para alimentarse debido a una mayor producción de leche y una mayor demanda energética resultante. Sin embargo, los resultados actuales no respaldan la hipótesis de que la densidad energética del alimento y la frecuencia diaria de ordeño afecten simultáneamente la motivación para alimentarse. Esto puede ser porque la dieta tuvo un efecto mayor en la producción de leche que la frecuencia de ordeño, pero los análisis de los datos del estudio más amplio son necesarios para aclarar esto. Probamos a las vacas después del primer ordeño diario, aproximadamente 5 horas después de que todas las vacas experimentales hubieran sido ordeñadas. Si la prueba se hubiera llevado a cabo después del segundo ordeño diario, las vacas ordeñadas una vez al día podrían haber experimentado dolor en la ubre debido a la acumulación de leche en la ubre, lo cual podría reducir su motivación para moverse y empujar las puertas.

No encontramos ninguna diferencia en la motivación para alimentarse entre D-5 y D-2 en relación con el último ordeño, y nuestros resultados sugieren que la motivación para alimentarse no cambió a lo largo de los días. La prueba diaria de la motivación para

alimentarse desde el inicio de los tratamientos en D-7 podría habernos permitido cuantificar con más detalle la motivación para alimentarse a lo largo del tiempo y evaluar más de cerca si la motivación para alimentarse aumenta o si las vacas se adaptan a la restricción energética a lo largo de los días. Sin embargo, en el presente estudio, solo se dispuso de una ventana de 7 días tanto para el entrenamiento como para las pruebas, y nuestras vacas solo pudieron ser evaluadas dos veces con un intervalo de 2 días entre las pruebas.

No se detectó ningún efecto de la paridad en la motivación para alimentarse en el presente estudio. Las vacas primíparas no están completamente desarrolladas físicamente y, como resultado, pueden requerir energía adicional para el crecimiento además de la producción de leche y el mantenimiento. Por lo tanto, se podría hipotetizar que están más afectadas por la disminución del suministro de energía que las vacas multíparas. Sin embargo, nuestros resultados actuales no pudieron confirmar esto. Sin embargo, las vacas primíparas consumieron más concentrado por visita de 3 segundos que las vacas multíparas. En general, las vacas primíparas parecían más activas durante la alimentación, lo que dificultó que el experimentador cerrara y bloqueara las puertas en 3 segundos. Por lo tanto, es posible que las vacas primíparas se hayan alimentado ligeramente más de 3 segundos, lo que también podría explicar este resultado.

Un resultado secundario, pero importante, del presente estudio es que las vacas lecheras pueden ser entrenadas para realizar una tarea operante en un período de tiempo relativamente corto. Solo dos de las 34 vacas no lograron aprender la tarea, y las vacas restantes alcanzaron el criterio de aprendizaje en 1 o 2 sesiones. Este éxito puede estar relacionado con varias elecciones en el plan experimental. En primer lugar, se logró aumentar la motivación para alimentarse en todas las vacas al privarlas de alimento durante aproximadamente 90 minutos antes del entrenamiento inicial. Además, la tabla grande en la puerta que las vacas debían empujar permitía diferentes formas de empujar debido a las variaciones en el tamaño corporal. En tercer lugar, el traslado de las vacas en grupos y su evaluación con contacto visual con sus compañeras de corral evitó el desafío del aislamiento social en un entorno nuevo que de otra manera podría haber afectado el desempeño de las tareas. En cuarto lugar, la inclusión de un gancho en cada comedero con puerta permitió un precio más uniforme y permitió a las vacas comer libremente después de que se pagara el precio. En quinto lugar, la elección de concentrado como recompensa alimentaria, conocido por ser altamente sabroso y energético. Es importante destacar que el acceso al concentrado en el entorno habitual estaba controlado, lo que garantizaba una economía cerrada. Cuando el recurso probado está disponible libremente fuera de la situación de prueba, existe el riesgo de que esto afecte las medidas de motivación porque los animales pueden reprogramar el uso de recursos después de la prueba, y así se comprometen los requisitos previos de una economía cerrada.

Además de las razones mencionadas anteriormente, elegimos el concentrado porque no podíamos ofrecer otras opciones de alimento altamente energéticas sin perturbar la configuración experimental. Nuestras vacas experimentales estaban en periodo de lactancia y acostumbradas a alimentarse con concentrado en el AMS. Además, las cantidades de concentrado consumidas durante las pruebas estuvieron dentro de los rangos reportados de consumo diario de concentrado. Sin embargo, reconocemos que el uso de concentrado como recompensa alimentaria podría imponer limitaciones a las pruebas de motivación para alimentarse en vacas en otras etapas del ciclo de producción. Por ejemplo, se recomienda que las vacas secas se alimenten con dietas de menor contenido energético para limitar el aumento de peso excesivo y los efectos negativos después del parto, como el balance energético negativo y el deterioro del rendimiento

reproductivo. Por lo tanto, si se aplicara la misma metodología para evaluar la motivación para alimentarse en vacas secas, especialmente si las pruebas se realizaran en días consecutivos, sería imperativo reducir la cantidad de concentrado por recompensa y, por lo tanto, limitar la cantidad máxima de concentrado que se permitiría consumir a una vaca. Por último, se podría argumentar que el uso de un alimento atractivo como recompensa podría sobrestimar la motivación para alimentarse de las vacas, ya que la vista y el olor del recurso en sí mismo podrían aumentar la motivación para alimentarse. Sin embargo, las vacas experimentales de cada tratamiento dietético alcanzaron niveles muy distintos de máximo precio, y es poco probable que los resultados se deban a la elección de la recompensa alimentaria.

El límite del peso máximo podría haber subestimado el nivel de motivación para alimentarse que experimentaban algunas vacas. Estudios anteriores encontraron que las novillas lecheras a las que se les ofrecieron dietas restringidas o de baja energía empujaron un rango del 4.5 al 19% del peso corporal en una puerta con peso para obtener acceso a las recompensas alimentarias. Aunque esas novillas se probaron en configuraciones diferentes (es decir, aparatos de puerta con peso colocados en sus corrales habituales), considerando que cuatro de las vacas actuales empujaron el peso máximo de 178 kg (alrededor del 23% del peso corporal promedio) en un período relativamente corto, es probable que hubieran empujado más si hubiera sido posible. Por lo tanto, si hubiera sido posible colocar más peso en las puertas, es posible que hubiéramos observado un peso máximo aún mayor. Sin embargo, es importante señalar que el precio máximo no refleja la capacidad de las vacas para empujar la puerta, sino la motivación de las vacas para empujar por una recompensa determinada. Además, la latencia censurada para alimentarse refleja principalmente la motivación para acceder a la recompensa alimentaria. Sin embargo, no podemos descartar otras influencias, como cierto grado de temor o audacia, que esto puede haber contribuido a las variaciones en las latencias para alimentarse. Además, los hallazgos actuales deben interpretarse cuidadosamente en comparación con otros estudios que utilizan el mismo paradigma de prueba de motivación. Diferentes tipos de alimentos, diferencias en la duración de la recompensa y el acceso a alimentos fuera de la situación de prueba pueden afectar la motivación de un animal para realizar cierto comportamiento y complicar las comparaciones del precio máximo entre experimentos. Las pruebas de motivación fuera del entorno familiar han sido criticadas por no dejar a los animales alternativa alguna para obtener el recurso. Por lo tanto, se ofreció paja de cebada sin costo como alimento alternativo para asegurar que las vacas tuvieran algo para alimentarse cuando no estuvieran motivadas a empujar el peso requerido para el concentrado. Se eligió paja de cebada porque representa un alimento familiar con muy poco valor nutricional.

En la producción intensiva de animales, la práctica de restringir la ingesta de energía, tanto cuantitativa como cualitativamente, no es exclusiva de las vacas lecheras durante el secado y el período seco. Las cerdas gestantes y las reproductoras de pollos de engorde también se someten a dietas restringidas para obtener una productividad ideal y evitar problemas de salud y reproducción posteriores. Estudios previos han demostrado que ambas especies experimentan hambre debido a una ingesta insuficiente de energía (por ejemplo, reproductoras de pollos de engorde y cerdas gestantes). Del mismo modo, nuestro estudio demostró que la provisión de un alimento de baja energía durante una semana antes del último ordeño provocó hambre en las vacas experimentales. Por un lado, la disminución de la calidad de la dieta puede ser estresante y perjudicial para el bienestar de las vacas. Por otro lado, reduce la producción de leche antes del último ordeño y la vaca evita un cambio dietético abrupto en el último día de ordeño. Aunque no

encontramos efecto sobre la motivación para alimentarse debido a la reducción de la frecuencia diaria de ordeño, esto puede reducir la síntesis de leche antes del inicio del período seco y disminuir la incidencia de fugas de leche e infecciones intramamarias en el período seco. Sin embargo, a corto plazo, el ordeño menos frecuente puede provocar acumulación de leche en la ubre, engrosamiento de la ubre y aumento de la presión en la ubre que puede causar molestias. Con el objetivo de evitar los problemas asociados con el secado, estudios recientes investigaron los efectos de un período seco corto o omitido en la salud y el comportamiento de las vacas lecheras. En general, estos estudios afirman que la ampliación del período de lactancia, o incluso la omisión del período seco, conduce a un mejor equilibrio energético en las vacas durante la lactancia temprana, además de evitar cambios dietéticos y regrouping asociados con el parto. Sin embargo, las vacas sin período seco se acuestan menos durante las semanas previas al parto y no se separan del grupo residente hasta el momento del parto, lo que previamente se ha encontrado que prolonga el proceso de parto. Además, la renovación de las células de la ubre puede verse comprometida, lo que provoca una menor producción de leche en la próxima lactancia, y un período seco corto o ausente puede tener efectos negativos en la salud. En resumen, este estudio arroja luz sobre la importancia de revisar los protocolos convencionales de secado para mejorar el bienestar de las vacas de alta producción. Se necesitan más investigaciones para comprender todos los impactos potenciales del secado en el bienestar de las vacas lecheras y diseñar un manejo del secado que tenga en cuenta el bienestar de la vaca, así como los requisitos del productor. Más específicamente, los estudios futuros deben investigar cómo un posible estado de hambre inducido por el secado puede afectar la salud (por ejemplo, susceptibilidad a trastornos de salud), el comportamiento (por ejemplo, patrones de alimentación) y las experiencias emocionales (por ejemplo, sesgos cognitivos) de las vacas lecheras.

## **Conclusiones**

Los resultados del presente estudio muestran que el manejo que incluye una reducción sustancial en la ingesta de energía para reducir la síntesis de leche en vacas de alta producción antes del secado, a pesar de la disponibilidad ad libitum del alimento, provoca un aumento en la motivación para alimentarse, que interpretamos como hambre. Las dos medidas, latencia para alimentarse y precio máximo pagado, se obtuvieron mediante el uso de una metodología de compuerta de empuje operante y confirmaron que las vacas con una dieta reducida en energía estaban más motivadas para alimentarse, y por lo tanto tenían más hambre, que las vacas que recibieron una dieta de lactancia normal. Sin embargo, el límite del precio máximo podría haber subestimado la motivación para alimentarse de las vacas. Además, los futuros estudios de motivación para alimentarse deben considerar la elección de una recompensa alimentaria atractiva que no ponga en peligro la economía cerrada de la prueba, el diseño experimental o la salud de los animales experimentales. Por último, esta investigación muestra cómo desarrollar una metodología que fomente comportamientos relacionados con la motivación objetivo puede utilizarse para evaluar las consecuencias del manejo alimentario en el bienestar animal.

## **Disponibilidad de los datos**

Los datos en bruto están disponibles en el Material Suplementario. Los datos incluyen la fase de entrenamiento, las pruebas, las características de las vacas, la calibración de las compuertas, la ingesta diaria de alimento, el rendimiento promedio de leche y la ingesta de energía durante el período experimental de 7 días.

Referencias

Fuente.

<https://www.nature.com/articles/s41598-019-51866-7>

**Clic Fuente**



**MÁS ARTÍCULOS**