

Producción y calidad de leche de un hato Jersey suplementado con un aditivo fitogénico

Daniel Salas-Mata¹  & Rodolfo WingChing-Jones² 

1. Universidad de Costa Rica, Escuela de Zootecnia, San José, Costa Rica; dsalasm.2494@gmail.com
2. Universidad de Costa Rica, Escuela de Zootecnia, Centro de Investigación en Nutrición Animal, San José, Costa Rica; rodolfo.wingching@ucr.ac.cr

Recibido 04-VII-2025 • Corregido 11-IX-2025 • Aceptado 01-X-2025

DOI: <https://doi.org/10.22458/urj.v17i1.5912>

ABSTRACT. “Milk production and quality of a Jersey herd supplemented with a phytogenic additive”. **Introduction:** The dairy sector faces a series of challenges that demand efficiency at both the productive and economic levels, aiming to improve zootechnical, health, and financial parameters. This includes the use of dietary ingredients that optimize the productive parameters of dairy cows. **Objective:** To evaluate the effect of a phytogenic additive on milk production and quality in grazing Jersey cows during the first 110 days of lactation. **Methods:** We selected 30 multiparous Jersey cows with an average of 3.0 lactations and an average production of 22.8kg/day in the previous lactation, assigned to two treatments with 15 replicates each: Treatment A (supplementation with 3.0g of PA) and Group B (control). The recorded information was analyzed using a generalized linear mixed model for repeated measures. **Results:** We observed that the use of a phytogenic additive did not result in statistically significant differences for the milk production variables ($p=0.23$), fat ($p=0.75$), crude protein ($p=0.83$), lactose ($p=0.42$), total solids ($p=0.40$), and milk urea nitrogen ($p=0.44$). **Conclusion:** We found no benefits in milk production and quality with this particular additive and conditions, but it still should be tested under other management conditions and production stages.

Keywords: total solid, fat, crude protein, milk urea nitrogen, *Bos taurus*, lactose

RESUMEN. Introducción: El sector lechero se enfrenta a una serie de retos que demandan eficiencia a nivel productivo y económico, buscando mejorar parámetros zootécnicos, sanitarios y financieros. Ello incluye el aprovechamiento de los ingredientes de la dieta para optimizar los parámetros productivos de las vacas lecheras. **Objetivo:** Evaluar el efecto de un aditivo fitogénico sobre la producción y calidad de la leche en vacas Jersey en pastoreo durante los primeros 110 días de lactancia. **Métodos:** Seleccionamos 30 vacas multíparas de la raza Jersey, con un número de lactancias promedio de 3,0 y una producción promedio en la lactancia anterior de 22,8kg/día, asignadas a dos tratamientos con 15 repeticiones cada uno: *Tratamiento A* (suplementación con 3,0g de AF) y *Grupo B* (control). La información registrada se analizó mediante un modelo lineal generalizado mixto para medidas repetidas. **Resultados:** El aditivo fitogénico no generó diferencias significativas en producción de leche ($p=0,23$), grasa ($p=0,75$), proteína cruda ($p=0,83$), lactosa ($p=0,42$), sólidos totales ($p=0,40$) y nitrógeno ureico en leche ($p=0,44$). **Conclusión:** No se encontraron beneficios en la producción y calidad de la leche con este aditivo y condiciones, pero debería evaluarse en otras condiciones de manejo y etapas productivas.

Palabras clave: sólidos totales, grasa, proteína cruda, nitrógeno ureico en leche, *Bos taurus*, lactosa

El sector pecuario exige en la actualidad un compromiso por producir de manera eficiente, para lo cual requiere generar un balance entre los parámetros zootécnicos y el uso de los recursos naturales buscando la rentabilidad de la empresa pecuaria (Marini et al., 2021).

La presión que ejerce la sociedad sobre las explotaciones pecuarias en temas de inocuidad, bienestar animal y conservación del ambiente, genera una respuesta de los diferentes sectores involucrados por cambiar la forma tradicional de administrar los sistemas productivos, donde destaca un uso desmedido de antibióticos (Sachi et al., 2019), desparasitantes (Alvarado et al., 2022) y sustancias xenobióticos utilizadas en los animales.

Uno de los temas relevantes en la población científica durante la última década es la resistencia bacteriana a los antibióticos, la cual se define como la capacidad que tienen los microorganismos (como bacterias, virus y algunos parásitos) de impedir que los antimicrobianos (como antibióticos, antivíricos y antipalúdicos) actúen contra ellos (Palma et al., 2020).

En Brasil, se informa que del total de la leche fresca que se produce y comercializa al año, el 8% presenta concentraciones de residuos de antibióticos superiores a los permitidos (Trombete et al., 2014). Lo anterior, acarrea consecuencias directas para las plantas procesadoras que producen derivados lácteos al afectar los rendimientos productivos, como para los consumidores al propiciar el desarrollo de cepas de bacterias resistentes. Esta problemática genera una presión creciente que exige la sustitución de aditivos químicos por compuestos naturales, donde los fitogénicos destacan como una alternativa emergente (Orzuna-Orzuna et al., 2022).

Los aditivos fitogénicos son una mezcla de extractos, ácidos volátiles o aceites esenciales, considerados metabolitos secundarios de las plantas. Los metabolitos constituyen mecanismos de defensa de las plantas ante la presencia de depredadores (Figueroa-Macías et al., 2021). Existe interés en la comunidad científica sobre el uso de aditivos, sobre la capacidad que presenten de sustituir los aditivos químicos como promotores de crecimiento, coccidiostatos, antiparasitarios, y antibióticos (Tipu et al., 2006). De los efectos positivos en el uso de aceites esenciales contenidos en las plantas, destacan las mejoras en la ingesta de alimento, secreción de enzimas digestivas, motilidad gástrica e intestinal, estimulación endocrina e inmune, actividad antiinflamatoria, antioxidante, antimicrobiana, antiviral, antihelmíntica y coccidiostática (Tipu et al., 2006).

En novillas se informan resultados positivos al utilizar una dosificación de 500g de extractos de plantas (ajo (*Allium sativum*), cebolla (*Allium cepa*), canela (*Cinnamomum verum*), clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) y linaza (*Linum usitatissimum*)) por tonelada de ración total suministrada, donde se determinó un aumento de los parámetros hematológicos como glóbulos rojos, leucocitos, linfocitos y monocitos (Mossate et al., 2009). De igual manera, en toretes, se informan respuestas positivas a la suplementación de propóleos y aceites esenciales, al mejorar la ingesta del alimento y su digestibilidad, lo que se tradujo en una mejoría en el peso final, ganancia diaria y conversión alimenticia (Valero et al., 2016).

La interacción de los aditivos a nivel ruminal, genera una disminución en la concentración de amoníaco, alteración en la proporción de acetato y propionato en el licor ruminal (Tekeli et al., 2015), lo que conlleva a una mejoría en los procesos fermentativos (Cardozo et al., 2004).

El estudio de los aditivos permite generar alternativas viables para mejorar los parámetros de interés zootécnico, sustituyendo las sustancias químicas de uso veterinario de las que se ha creado dependencia a través del tiempo (Wall et al., 2014).

El reto principal para la adopción de estas prácticas se basa en el resultado que se pueda alcanzar respecto al aditivo químico que se planteen sustituir, el estudio de los antibióticos o sustancias químicas ha permitido contar con información precisa sobre sus características y su efecto en los diferentes parámetros a diferencia de los aditivos, los cuales al ser una tecnología emergente cuenta con poca evidencia científica que indique su efecto a través del tiempo,

dosificación, estabilidad de los productos, entre otras características que necesitan ser estudiadas con exactitud (Valenzuela et al., 2017) .

Por tal motivo, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la suplementación de un aditivo en vacas lecheras bajo condiciones de altura en un sistema en pastoreo con suplementación en canoa y su efecto sobre la producción y calidad de la leche producida en aspectos bromatológicos y económicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y caracterización del sistema productivo. La investigación la realizamos entre los meses de marzo a agosto del año 2022, en una finca comercial dedicada a la producción de leche, ubicada en el distrito de Santa Rosa, del cantón de Oreamuno, de la provincia de Cartago, Costa Rica. El sistema de producción se ubica a una altitud de 2 145msnm, con precipitaciones promedio de 2 370mm, distribuidas de agosto a diciembre y una temperatura media anual de 14,2°C (Municipalidad de Oreamuno, 2021).

Animales y tratamientos. Utilizamos 30 vacas multíparas de la raza Jersey, con un número promedio de lactancias de $3,0 \pm 1,0$ y una producción promedio en la lactancia anterior de $22,8 \pm 7,0\text{kg/día}$. Estos datos los recuperamos del Software VAMPP bovino que se utiliza en la finca. Las 30 vacas fueron asignadas a dos tratamientos con 15 animales cada uno: tratamiento A con suplementación del aditivo fitogénico y el tratamiento B sin adición del aditivo (Grupo control). La asignación de tratamientos a los animales la realizamos por medio de la técnica aleatoria simple (Otzen y Manterola, 2017).

La salud de los animales fue evaluada de manera semanal, por medio de la visita de una persona especializada en medicina veterinaria que se encargó de manera rutinaria del control sanitario de todos los animales del sistema productivo, por lo tanto, cualquier enfermedad o condición que presentaban los animales fue atendida en el momento.

El aditivo utilizado en esta investigación, presentó una mezcla de materiales secos y compuestos saborizantes de aceite de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), aceite de menta (*Mentha sp*), aceite de romero (*Salvia rosmarinus*), anetol (*Pimpinella anisum*), aceite de alcanfor (*Cinnamomum camphora*), raíz de gentiana (*Gentiana lutea*), raíz de galangal (*Alpinia galanga*), corteza de canela (*Cinnamomum verum*), alcaravea (*Carum carvi*), clavo de olor (*Syzygium aromaticum*), raíz de angélica (*Angelica archangelica*), aceite de orégano (*Origanum vulgare*), aceite de mejorana (*Origanum majorana*), aceite de ajo (*Allium sativum*), aceite de cebolla (*Allium cepa*) y aceite de naranja (*Citrus sinensis*).

La prueba dio inició el primer día después del parto, las mediciones las realizamos durante los primeros 110 días de la lactancia. Es importante destacar que no todos los animales comenzaron la prueba al mismo tiempo y los partos se concentraron entre los meses de marzo a mayo de 2022.

A los animales del tratamiento A les suministramos 3,0g animal/día del aditivo mezclado con 100g de maíz molido para facilitar su consumo, la mezcla mencionada se les suministró a los animales todos los días, en la alimentación de la tarde, en conjunto con la ración total. Como parte del experimento le suministramos un placebo de 100g de maíz molido a los 15 animales del tratamiento B. Es importante destacar que la sala de alimentación contó con cepos para cada vaca, lo que favoreció el consumo individual de la ración ofrecida.

Ración. Los animales estuvieron bajo un sistema de pastoreo intensivo de pasto kikuyo (*Kikuyocloa clandestinum*) en una rotación de 34 días. Aunado al consumo de forraje, los animales fueron suplementados antes de cada ordeño 3:00AM y 15:00PM, donde cada ingrediente se agrega en la canoa, sin mezclar, de la siguiente manera: 4,5kg de alimento balanceado, 1kg de pulpa de cítricos peletizada, 0,5kg de melaza, 0,5kg de heno de arroz, 60g de un mineral para vaca lechera,

75g de sal blanca y agua a libre consumo. Para estimar el consumo de forraje en el potrero se utilizó el método de reversa (Andrade, 2006, [NRC], 2001).

Previo a la ejecución de la prueba realizamos un balance nutricional que permitió evaluar el cumplimiento de los requerimientos nutricionales de PC, energía neta de lactancia, calcio y fósforo, para vacas lactantes de 400kg de peso vivo (según los registros del sistema productivo) con base en la octava edición del NRC para ganado lechero (National Research Council, 2001).

Producción y composición de la leche. La producción láctea de los animales en cada tratamiento la medimos una vez por semana (manejo rutinario de la finca) posterior al parto, mediante un medidor automático de marca Waikato® (MKV-Milkmeter 327109). Tomamos muestras cada dos semanas para todas las vacas, en el ordeño de la tarde. Enviamos las muestras al laboratorio de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L, donde se analizó el contenido de proteína cruda (PC), grasa, lactosa y de nitrógeno ureico en leche (NUL) por medio de espectroscopia infrarroja (AOAC International, 2002; method 972.16; MilkoScan 605, Foss North América, Brampton, ON, Canadá).

Análisis financiero de la implementación del aditivo fitogénico. Al finalizar la prueba y con base en los resultados, realizamos un análisis económico, con la intención de evaluar la relación entre ingresos y costos de la inclusión de este aditivo en las dietas de los semovientes.

Para tal fin, consideramos de forma individual el pago de la leche para cada animal, según la tabla de pago de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L., el cual toma como referencia el contenido de células somáticas, bacterias y sólidos totales (PC, grasa y lactosa + minerales) para determinar el pago que se realiza al productor (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2007).

Para el análisis de ingresos y costos de la suplementación del aditivo, tomamos como referencia el resultado de cada uno de los parámetros evaluados durante la prueba (producción, grasa, proteína y lactosa) y su efecto a nivel contable. Lo anterior nos permitió determinar si la implementación del producto, analizando el costo de este y sus beneficios, generó utilidades para el productor.

Para determinar si la implementación del aditivo es rentable con base en el pago de la leche se utilizó la siguiente ecuación:

Utilidad de la inclusión del aditivo por vaca en colones = (kg de grasa x pago en colones por kg + kg de proteína x pago en colones por kg + kg de lactosa + minerales x pago en colones por kg) – costo del aditivo.

Análisis. La información recolectada de manera individual de los 30 semovientes en sus primeros 110 días de lactancia relacionada a la producción de leche (kg/día), sólidos de la leche (grasa%, proteína% y lactosa%) y el NUL (mg/dL) la analizamos mediante el siguiente modelo generalizado de medidas repetidas:

$$g[E(Y|\gamma_i, T_j, B_k, L_l, C_m, t)] = \mu + \gamma_i + T_j + L_l + C_m + f(t|T_j)$$

Donde:

$E(Y|\gamma_i, T_j, B_k, L_l, C_m, t)$ Es el promedio (o esperanza matemática) de la variable Y , condicionada al tratamiento j , el bloque k , la lactancia l , la CC preparto m y los días en lactancia t en la vaca i .

$g(.)$ es la función de enlace correspondiente al modelo lineal generalizado.

μ es el promedio general de la variable Y .

γ_i es el intercepto aleatorio de la i -ésima vaca.

T_j es el efecto del j -ésimo tratamiento ($j \in \{\text{Control}, \text{Suplemento}\}$).

Ll es el efecto de la l -ésima lactancia.
 Cm es el efecto de la m -ésima categoría de condición corporal (CC) preparto.
 $f(t|Tj)$ Corresponde a una función de los días en lactancia t que interactúa con el tratamiento Tj .

Dado que las mediciones de las diferentes variables las tomamos en diferentes momentos de la lactancia, utilizamos una función de ajuste local tipo thin plate spline para las variables: producción de leche, NUL, porcentaje de grasa y porcentaje de proteína láctea, ST y lactosa + minerales.

Asumimos una distribución normal con función de enlace identidad, para la producción de leche, CC y el NUL. Para las variables porcentaje de proteína, ST, grasa y lactosa. Utilizamos la distribución beta, con función de enlace logit. Dichos modelos los ajustamos mediante el algoritmo de máxima verosimilitud restringida (REML) en el lenguaje de programación estadístico R 4.0.4 (R Core Team, 2018) usando el paquete complementario mgcv (Wood, 2011).

La separación de medias la realizamos mediante la prueba Tukey con un nivel de significancia de 0,05, utilizando el paquete SAS de R (Lenth, 2020).

RESULTADOS

Respuesta productiva a la suplementación del aditivo fitogénico. El resultado obtenido evidenció que no se presentó una diferencia entre medias suficiente para determinar que la suplementación del aditivo generara una respuesta significativa ($p=0,23$), en comparación con el grupo control en la producción de leche, el contenido de grasa, proteína, sólidos totales, lactosa y nitrógeno ureico (Tabla 1).

TABLA 1

Producción y composición de la leche de animales Jersey suplementados con un aditivo fitogénico

Variable	Tratamiento				Valor p
	Aditivo fitogénico*		Control*		
	%	kg	%	kg	
Producción de leche	-	27,05±4,60	-	26,21±10,36	0,23
Grasa	4,29	1,16±0,16	4,33	1,10±0,15	0,75
Proteína cruda	3,60	0,97±0,13	3,62	0,93±0,12	0,83
Lactosa	4,83	1,31±0,17	4,82	1,24±0,17	0,42
Sólidos totales	13,36	3,61±0,20	13,39	3,50±0,24	0,40
Nitrógeno ureico en leche (mg/dL)	13,28±3,59		13,32±3,77		0,44

*Datos promedio de 15 animales en los primeros 110 días de lactancia

Comportamiento productivo de los semovientes. Se evidencia en los primeros días posteriores al parto, los litros de leche producidos son pocos (Fig. 1), al avanzar los días en lactancia aumenta la producción en paralelo con los días, de forma progresiva, hasta llegar a las 6 y 8 semanas donde se alcanza el pico máximo de producción.

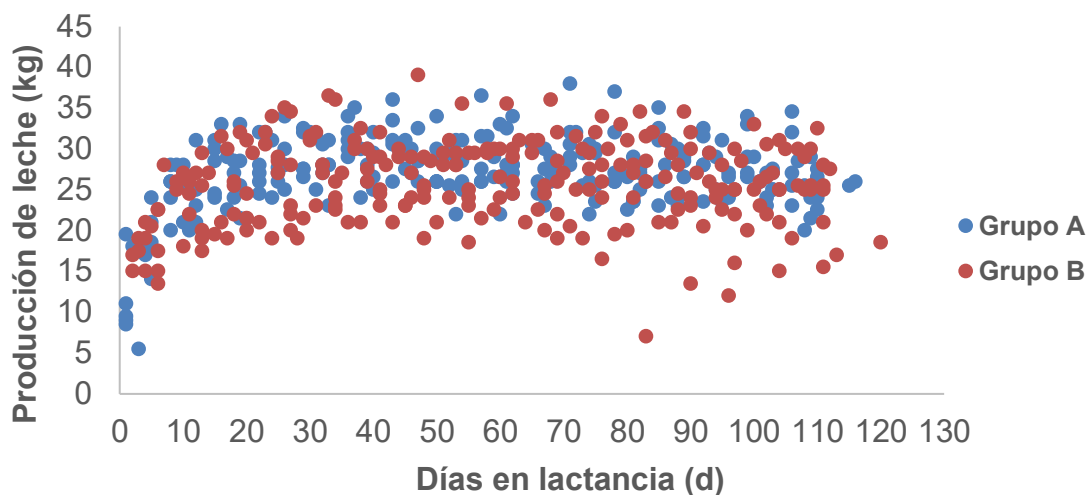


Fig. 1. Comportamiento de la producción de leche según los días en lactancia de los semovientes del grupo con el aditivo fitogénico (A) y el control (B).

Se encontró una respuesta significativa ($p < 0,05$) para la interacción entre la producción láctea y los días en leche (DEL) resultado similar al encontrado por Sabek et al. (2021). No se determinaron diferencias significativas ($p = 0,21$) asociadas al efecto del tratamiento y los días en leche (DEL) con la producción de leche.

La CC preparto tuvo un efecto significativo ($p < 0,05$) sobre la producción de leche y el contenido de sólidos totales en leche, donde se determinó que una CC preparto de 2,75 permite obtener mayor producción láctea de los animales en esta investigación. Por el contrario, una CC de 3,5 la producción fue menor (6,9 kg/animal/día) (Fig. 2).

En relación con los días en leche, se notó que la producción de grasa y proteína en la leche se afecta significativamente ($p < 0,05$) según avanza la lactancia de los animales.

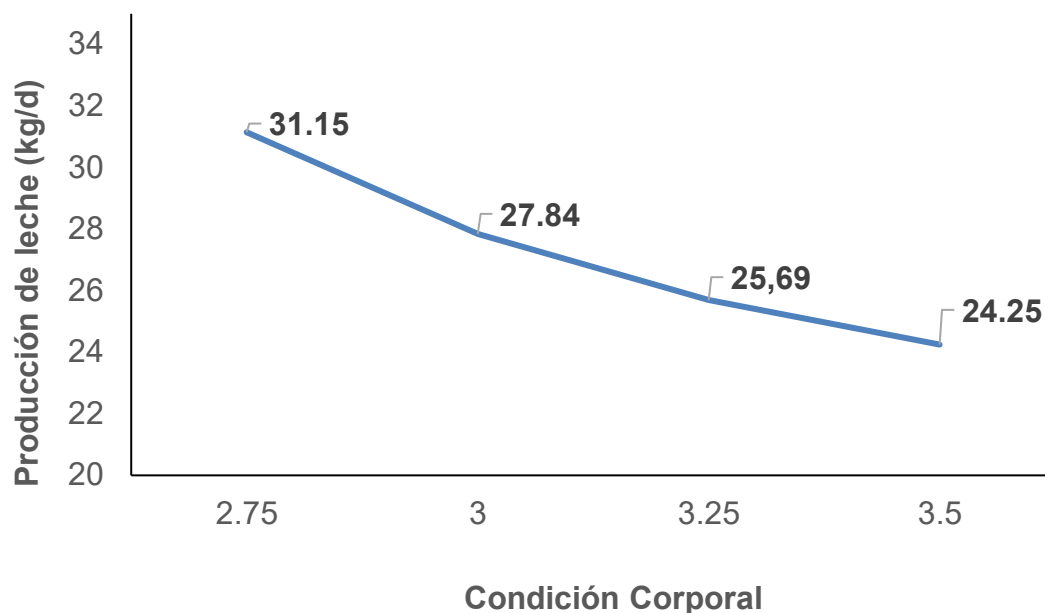


Fig. 2. Relación entre la condición corporal de los animales preparto y la producción de leche en los primeros cien días de lactancia.

Relación beneficio costo de la suplementación de un aditivo fitogénico en el sistema de producción. Los resultados de esta investigación sobre la inclusión del aditivo no permiten concluir que la implementación de este insumo podría generar una respuesta positiva a nivel contable (Tabla 2) debido a que no se determinaron diferencias significativas en las variables utilizadas para el cálculo de la relación ingresos contra costos.

Siendo esta investigación un escenario único, se determinó un ingreso adicional de 6,47 colones por litro de leche producido cuando se suplementa con 3,0g del aditivo. Esta diferencia se obtiene a partir del incremento de 60g de grasa, 40g de proteína y 70g de lactosa del grupo tratado respecto al grupo control (Tabla 2).

TABLA 2

Relación beneficio/costo de la suplementación de un aditivo fitogénico a animales Jersey en pastoreo en los primeros 110 días de lactancia*

Insumos	Tratamiento (A)**	Control(B)**
Calidad de leche		
Litros de leche día (promedio)	27,05	26,21
kg grasa	1,16	1,10
Precio venta/kg grasa	\$4,79	\$4,79
Ingreso por grasa	\$5,55	\$5,26
kg PC	0,97	0,93
Precio venta/kg PC	\$4,79	\$4,79
Ingreso por Proteína	\$4,64	\$4,45
kg Lactosa	1,31	1,24
Precio venta/kg lactosa	\$3,90	\$3,90
Ingreso lactosa	\$5,10	\$4,83
Total Ingreso (Grasa, PC y Lactosa)	\$15,30	\$14,54
Mano de obra		
MO aplicación (h)	0,025	0,025
Costo MO/hora	\$2,22	-
Costo MO aplicación	\$0,06	-
Gramos Producto/animal	3	-
Costo (kg/Producto)	\$25,88	-
Costo tratamiento	\$0,08	-
Valoración económica		
Ingreso Neto	\$15,16	\$14,54
Relación aplicación/No aplicar	1,04	
Pago por litro de leche producido	\$0,57	\$0,55
Ingreso adicional/litro de leche.	\$0,01	
Ingreso neto adicional por animal/día	\$0,28	
Ingreso neto adicional en los 110 días de lactancia/animal	\$31,34**	

*Dólares estadounidenses (USD) ** Datos por animal/día

DISCUSIÓN

Los aditivos tienen la capacidad de alterar la microbiota ruminal (Kholif et al., 2021), la digestión y absorción de los nutrientes. Una mayor degradación de la materia orgánica favorece la producción de ácidos grasos volátiles (AGV) que se producen en el rumen, los cuales son indispensables para la producción de leche y sus componentes. Al aumentar el contenido de ácido acético se espera incrementar la cantidad de grasa, una mejora en la síntesis de proteína microbiana, la cual podría incrementar el contenido de PC en la leche. En cambio, el aumento en la producción de ácido propiónico favorece una mayor producción de glucosa por ser su precursor, para satisfacer los requerimientos metabólicos del animal.

En la literatura no se presenta una tendencia al suministro del aditivo en producción de leche, donde dosis entre 2,5 a 11g por animal por día (Shaker 2020 y Faehnrich et al., 2019) no reflejan una respuesta favorable en los animales en lactancia, en cambio, investigaciones con dosis similares o mayores describen incrementos de 1,2 y 1,49kg de leche por vaca por día (Rodrigues et al. (2019), Elmeson (2015) y Wall et al. (2014)), por lo que, se podría considerar que la cantidad suministrada, el tipo de ácido orgánico y la concentración del mismo en el suplemento podrían ser factores por considerar en la respuesta del semoviente a la suplementación, en sistemas con una dieta que cumpla los requerimientos nutricionales del semoviente. En el caso de este trabajo, se consideran los resultados en términos de las condiciones de acceso a pastoreo de los animales Jersey y su suplementación en canoa, características comunes en las empresas ganaderas de Costa Rica.

De igual manera, esta investigación se evidenció que no se determinaron diferencias en el contenido de sólidos totales (ST) y grasa en leche en ambas poblaciones, sumándose al acervo de trabajos que no presentan efectos positivos (Kosinski et al., 2021 y Rodrigues et al., 2019). En cambio, estos resultados difieren con los obtenidos por Kholif et al. (2021) quienes al suplementar 3,0g de un aditivo que contiene mentol, levomentol y B-Linalool, informaron de diferencias entre las medias poblacionales, respuesta que se asocia al efecto antiinflamatorio en los animales del mentol, levomentol, B-Linalool y anetol, lo cual reduce el estrés en el animal mejorando la productividad de este.

Dentro de los componentes que se consideran los sólidos totales de la leche, la grasa puede variar en un rango de 0,1 a 1,0% mientras que la proteína posee un rango de 0,1 a 0,4%. Los principales factores que puede interferir sobre la composición de grasa en la leche destacan la raza, la salud de la vaca, genética, ambiente y la nutrición (Hanus et al., 2018).

La nutrición es uno de los instrumentos que podrían favorecer o afectar el contenido de grasa en leche, es importante destacar que el 50% de este componente se produce a partir de ácido acético y ácido butírico en la glándula mamaria mientras que el otro 50% es generado a partir de los ácidos grasos circulantes en sangre (Ponnampalam et al., 2024).

El ácido acético es un AGV que se forma en el rumen cuando las bacterias fibrolíticas realizan la degradación de la fibra, es por esta razón que las alteraciones en la microbiota ruminal pueden concluir en un menor porcentaje de grasa en la leche (Hanus et al., 2018), uno de los factores que podrían generar un mayor cambio en las poblaciones bacterianas es el pH, cuando el pH del rumen se mantiene por debajo de los 5,8, se presenta una reducción en la actividad de las bacterias fibrolíticas, lo que produce una reducción molar de ácido acético y producto de lo anterior; una caída en la grasa de la leche (Urrutia y Harvatine, 2017). Por otro lado, un ambiente ruminal acidificado altera los mecanismos de fermentación al aumentar la presencia de intermediarios de biohidrogenación como los isómeros de ácido linoleico conjugado (CLA) trans-10, cis-12 y trans-9, cis-11 los cuales han sido estudiados por su efecto inhibitorio en la producción de grasa en leche (Perfield et al., 2007).

La síntesis de proteína en la glándula mamaria de las vacas es un proceso fisiológico que depende de diferentes nutrientes, entre ellos los aminoácidos libres que destacan por ser más biodisponibles que un aminoácido intacto, estos viajan a través del torrente sanguíneo a las diferentes estructuras que los necesitan (Zhou et al., 2021).

El efecto de los aditivos sobre la producción de proteína en la leche está ligado a la estabilidad que pueden alcanzar los microorganismos del rumen. El suministro de estas sustancias, permite que el pH ruminal regrese más rápido a valores superiores de 5,8 cuando se suministran dietas altas en carbohidratos no estructurales (CNE). Esto contribuye a que los microorganismos del rumen tengan mayores tasas de reproducción y favorezcan la degradación de los alimentos suministrados, obteniendo la energía y la proteína necesaria para producir leche y sus componentes (Rivera-Chacón et al. 2022)

La lactosa es el componente mayoritario en los sólidos de la leche, es el azúcar principal y los mamíferos cuentan con este nutriente, para mantener un equilibrio osmótico entre la sangre y el lumen alveolar, por esto, se concluye que la lactosa determina la absorción de agua en el alveolo y la producción de leche. Es importante destacar que a lo largo de los años ha sido un componente poco estudiado por su estabilidad y los pocos componentes que la afectan, tales como el número de partos, la salud de la ubre (células somáticas) y uno de los más importantes a nivel nutricional se basa en el balance energético de la dieta (Costa et al., 2019).

Se sugiere que una adecuada estabilidad ruminal, así como una correcta absorción de nutrientes a nivel intestinal favorecen una mayor producción de leche, lo que podría aumentar la cantidad de lactosa en la glándula mamaria (Kosinski et al., 2021).

Es importante considerar que la urea es producida en el hígado a través del amoníaco que se genera por la degradación de la proteína a nivel ruminal, cuando las bacterias no tienen la capacidad de seguir captando el amoníaco circulante por falta de carbohidratos, generando excesos que se absorben a través de las paredes del rumen. Es por esta razón que el nitrógeno ureico en leche (NUL) al ser un producto de la degradación proteica se utiliza como herramienta para evaluar la eficiencia de utilización de este nutriente en el animal (González & WingChing-Jones, 2016).

Los rangos para determinar una adecuada concentración de NUL podrían variar con base en la literatura y lo que es más relevante, la interpretación de los valores debe considerar diferentes puntos, los rangos del NUL podrían referenciarse entre 10-14mg/dl, valores inferiores a 10, podría asociarse a un exceso de fuentes energéticas, que agotaron la fuentes proteicas disponibles en el rumen, por lo que valores superiores a 14 podrían responder a dietas con un aporte proteico y una fracción soluble alta (González & WingChing-Jones, 2016). En el caso de Costa Rica, se encuentra que un valor de 16mg/dl es un valor promedio donde se obtiene una mayor producción y reproducción en animales de las razas Jersey, Holstein y sus cruces en diferentes proporciones (González y WingChing-Jones 2016)

Como se indicó, la eficiencia de utilización proteica por parte de las bacterias ruminales podría afectar de manera positiva los excesos de NUL en leche, dentro de la investigación realizada la dieta se encontraba balanceada y no existió un exceso de proteína en la ración que pudiese generar incrementos en NUL (Oliveira et al., 2014).

El éxito del desempeño productivo de los animales durante la lactancia va a depender de la persistencia que presente, concepto que se asocia a la diferencia en litros de leche producida de un día a otro, siendo la caída en los litros producidos rápida o lenta y la constancia de esta, la que determina la producción de leche a lo largo del ciclo (Silvestre et al., 2009). Por otro lado, el comportamiento fisiológico de los sólidos en la leche, como sus componentes, fluctúan según el volumen de leche producido, donde inician en una concentración alta por la leche de transición, precedida del calostro (Puppel et al., 2019), disminuyen con el pasar de las semanas, cuando las vacas alcanzan su pico máximo y empiezan a subir hasta el final de la lactancia, donde disminuye la

producción de leche, según la persistencia que tenga el animal (días en leche) (Hanuš, et al., 2018).

El uso de este tipo de aditivos emerge como una necesidad para la disminución o sustitución al uso de los antibióticos en los sistemas de producción animal de interés zootécnico. Conocer el ingrediente activo presente en este tipo de producto o en el caso de mezclas, va a permitir, hacer un mejor uso de estas alternativas, debido a que la concentración de este puede variar dependiendo a la parte de la planta utilizada, la edad de cosecha, la metodología de extracción de ingrediente activo, modo de acción, tipo de vehículo utilizado y la interacción entre ellos al ser mezclados; en el caso del producto a escoger (Temmar et al., 2021). De igual manera, el tipo de animal a suplementar, el tipo de dieta, el estado fisiológico, condiciones ruminales (pH), prácticas de bienestar animal aplicadas, la cantidad ofrecida, podrían ser factores que afectan la respuesta esperada. Por lo que, se da una línea de investigación que permita definir las características de los extractos de plantas que permitan una respuesta positiva, en producción animal o en la sustitución parcial o total de los productos utilizados para mejorar la eficiencia en el uso de los alimentos, mejorando la conversión alimenticia (Calsmiglia et al., 2007).

Por otro lado, los resultados obtenidos en esta investigación se asocian al efecto de una adecuada preparación previo al parto con el buen rendimiento posterior a este, es decir, se ha evidenciado que animales que inicien su lactancia con una adecuada condición corporal (CC) van a presentar una menor incidencia de enfermedades metabólicas y balance energético negativo (Roche et al., 2015), lo que le permite al animal consumir una adecuada cantidad de materia seca, está a su vez satisface sus requerimientos nutricionales en el mayor porcentaje posible obteniendo una mejor producción láctea así como una respuesta correcta en los componentes de la leche (Jamil et al., 2017).

La CC es una característica que puede interferir sobre los parámetros productivos del animal, en esta investigación se evidenció que la CC preparto ejerce un efecto significativo sobre el contenido grasa en la leche, resultado similar al encontrado por Jamali et al. (2017) donde un incremento en la CC se asoció con mayor cantidad de grasa en la leche, donde animales con mejores reservas corporales durante el periodo de balance energético negativo no pierden más de un punto en CC lo que favorece una mayor salud en los animales, mejores consumos de materia seca (MS) (Roche et al., 2007) y en consecuencia una mejor producción de sólidos lácteos. Otro aspecto por considerar es que al aumentar la CC en las vacas se genera una mayor movilización de reservas grasas en el animal, lo que aumenta el contenido de ácidos grasos no esterificados en sangre y estos intervienen de forma directa en la formación de grasa en la glándula mamaria (Pires et al., 2013)

Es importante valorar la CC preparto, debido a que animales que se presenten en los extremos de la escala podrían presentar problemas durante su etapa de producción, un exceso de CC podría generar enfermedades metabólicas como cetosis, disminuir el consumo de MS, aumentando la pérdida de CC y afectando los parámetros productivos y reproductivos en los animales (Gillund et al. 2001).

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos toda la apertura y apoyo por parte de los propietarios y colaboradores de la finca comercial “El Plantón” para realizar esta investigación, a la Escuela de Zootecnia de la Universidad de Costa Rica por la guía brindada durante el proceso.

ÉTICA, CONFLICTO DE INTERESES Y DECLARACIÓN DE FINANCIAMIENTO

Declaramos haber cumplido con todos los requisitos éticos y legales pertinentes, tanto durante el estudio como en la preparación de este documento; que no hay conflictos de interés de ningún tipo, y que todas las fuentes financieras se detallan plena y claramente en la sección de agradecimientos. Asimismo, estoy/estamos de acuerdo con la versión editada final de esta publicación. El respectivo documento legal firmado se encuentra en los archivos de la revista.

La declaración de contribución de cada autor es la siguiente: D.S.M. y R.W.CH.J.: Diseño del estudio, recolección y análisis de datos. D.S.M.: Recopilación de datos. Todos los coautores.: preparación y aprobación final del manuscrito.

REFERENCIAS

- Alvarado, C., Briceño-Guevara, S., Matarrita-Rodríguez, J., Masis-Mora, M., Pérez-Rojas, G., & WingChing-Jones R. (2022). Residuos de acaricidas en leche entera bovina de Costa Rica. *UNED Research Journal*, 14(1), e3787. <https://doi.org/10.22458/urj.v14i1.3787>
- Andrade, M. (2006). Evaluación de técnicas de manejo para mejorar la utilización del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov) en la producción de ganado lechero en Costa Rica. [Tesis de Licenciatura, Universidad de Costa Rica]. Repositorio institucional: <https://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr/items/67c9bb1d-5e8c-4a4f-ba3c-b8f5ffeb776e>
- AOAC International. (2002) *International Official Methods of Analysis* (17th), AOAC Int., Gaithersburg, MD.
- Calsamiglia, S., Busquet, M., Cardozo, P.W., Castillejos, L., & Ferret, A. (2007). Invited Review: Essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. *Journal Dairy Science*, 90, 2580-2595. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-644>
- Cardozo, P., Calsamiglia, S., Ferret, A., & Kamel, C. (2004). Effects of natural plant extracts on ruminal protein degradation and fermentation profiles in continuous culture. *Journal of Animal Science*, 82(11), 3230–3236. <https://doi.org/10.2527/2004.82113230x>.
- Costa, A., Villalobos, N., Sneddon, N., Shalloo, L., Franzoi, M., Marchi, M., & Penasa, M. (2019). Invited review: Milk lactose—Current status and future challenges in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. Volume 102. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15955>.
- Elmeson, J. (2015). *Óleo funcional na alimentação de vacas leiteiras*. [Tesis doctorado, Universidad Estatal Paulista]. Repositorio institucional: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/318566ea-339e-4d57-af47-47ec8d853164/content>
- Faehnrich, B., Nemaz, P., & Schabauer, A. (2019). Essential oil-bearing supplementation of dairy cows – in vivo experiments elucidating factors and co-factors influencing parameters

of feed efficiency. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 28(3), 230-237, <https://doi.org/10.22358/jafs/110413/2019>

Figueroa-Macías, J.P., Coll, Y., Núñez, M., Díaz, K., Olea, A., & Espinoza, L. (2021). Plant growth-defense trade-offs: Molecular processes leading to physiological changes. *International Journal of Molecular Sciences*, 22, 693, <https://doi.org/10.3390/ijms22020693>

Gillund, P., Reksen, O., Gröhn, Y. T., & Karlberg, K. (2001). Body condition related to ketosis and reproductive performance in Norwegian dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 84(6), 1390-1396. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)70170-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70170-1).

González, J., & WingChing-Jones, R. (2016). Relación del valor de urea en leche con parámetros reproductivos y productivos en vacas Holstein, Jersey y sus cruces. *UNED Research Journal*, 8(2), 175-183. <https://doi.org/10.22458/urj.v8i2.1558>

Hanus, O., Samhova, E., Krizova, L., Hasonova, L., & Kala, R. (2018). Role of fatty acids in milk fat and the influence of selected factors on their variability—A Review. *Molecules*, 23(7), 1636. <https://doi.org/10.3390/molecules23071636>.

Jamali, N., Riasi, A., Zare, A., Celi, P., & Mehdi, S. (2017). Effect of pre-calving body condition score and previous lactation on BCS change, blood metabolites, oxidative stress and milk production in Holstein dairy cows. *Italian Journal of Animal Science*, 16(3), 474-483. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2017.1290507>

Kholif, A., Hassan, A., Matloup, O., & Ashry, G. (2021). Phytogenic feed additives mixture enhances the lactational performance, feed utilization and ruminal fermentation of Friesian cows. *Animal Biotechnology*, 32(6), 708-718. <https://doi.org/10.1080/10495398.2020.1746322>

Kosinski, D., Giacomini, S., Camillo, G., Miranda, A., Valerio, A., Pazinto, F., & Kolling, L. (2021). Effect of a phytogenic feed additives mixture on milk physico-chemical properties and biochemical parameters of Holstein cows. *Ciência rural*, 51(12), <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20200682>

Lenth, R. (2020). emmeans: Estimated marginal means, aka Least-squares Means. R package. version 1.4.8. <https://CRAN.R-project.org/package=emmeans>

Marini, P., Biga, P., & Di-Masso, R. (2021). Caracterización multivariada de la eficiencia productivo-reproductiva y edad al primer parto en vacas Holstein. *Agronomía Mesoamericana*, 32(1), 34-44. <https://doi.org/10.15517/am.v32i1.43184>

Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2007). *Agrocadena de leche*. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/E70-10453.pdf>.

Mossate, A., Reimann, F., & Silveira, R. (2009). Parâmetros hematológicos de novilhas leiteiras submetidas a dietas com aditivos fitogênicos. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 10(4), 1263–1263. <https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/revista->



Municipalidad de Oreamuno. (2021). Santa Rosa. <https://www.oreamuno.go.cr/articulo/63/santa-rosa>.

National Research Council. (2001). Nutrient requirements of dairy cattle. 8th Revised Edition
National Academy Press, WA.

Oliveira, H., Leone, F., Villela, S., Lobo, A., Guimarães, E., Santiago, B., Carvalho, J., Resende, R., & Araujo, R. (2014). Desempenho de vacas em lactação consumindo dietas contendo misturas de óleos essenciais. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 15(3), 670-678. <https://doi.org/10.1590/S1519-99402014000300014>

Orzuna-Orzuna, J.F.; Dorantes-Iturbide, G.; Lara-Bueno, A.; Miranda-Romero, L.A.; Mendoza-Martínez, G.D.; & Santiago-Figueroa, I. (2022) A meta-analysis of essential oils use for beef cattle feed: Rumen, fermentation, blood metabolites, meat quality, performance and environmental and economic impact. *Fermentation*, 8, 254. <https://doi.org/10.3390/fermentation8060254>

Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227-232, <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>

Palma, E., Tilocca, B., & Roncada, P. (2020). Antimicrobial resistance in veterinary medicine: An overview. *International Journal of Molecular Sciences*, 21, 1914, <https://doi.org/10.3390/ijms21061914>

Perfield, J., Lock, A., Griinari, J., Saebo, A., Delmonte, P., Dwyer, D., & Bauman, D. (2007). Trans-9, cis-11 conjugated linoleic acid reduces milk fat synthesis in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 90, 2211–2218. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-745>.

Pires, J., Delavaud, C., Faulconnier, Y., Pomiès, D., & Chilliard, Y. (2013). Effects of body condition score at calving on indicators of fat and protein mobilization of periparturient holstein-friesian cows. *Journal of Dairy Science*, 96(10), 6423–6439. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6801>.

Ponnamaplan, E., Priyashantha, H., Vidanarachchi, Y., Kiani, A., & Holman, B. (2024). Effects of nutritional factors on fat content, fatty acid composition and sensorial properties of meat and milk from domesticated ruminants: An overview. *Animals*, 14, 840, <https://doi.org/10.3390/ani14060840>

Puppel, K., Golebiewski, M., Grodkowski, G., Slosarz, J., Kunowska, M., Solarczyk, P., Balcerak, M., & Pryszuła, T. (2019). Composition and factors affecting quality of bovine colostrum: A review. *Animals*, 9(12), 1070. <https://doi.org/10.3390/ani9121070>.

Rivera-Chacón, R., Castillo-López, E., Ricci, S., Petri, R. M., Reisinger, N., & Zebeli, Q. (2022). Supplementing a phytogenic feed additive modulates the risk of subacute rumen

acidosis, rumen fermentation and systemic inflammation in cattle fed acidogenic diets. *Animals*, 12(9), 1201, <https://doi.org/10.3390/ani12091201>.

Roche, J., Lee, J. & Berry, D. (2007). Relationships among body condition score, body weight, and milk production variables in pasture-based dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 90(8). <https://doi.org/10.3168/jds.2006-740>.

Roche, J., Meier, S., Heiser, A., Mitchell, M., Walker, C., Crookenden, M., Vailati, M., Loor, J., & Kay, J. (2015). Effects of precalving body condition score and prepartum feeding level on production, reproduction, and health parameters in pasture-based transition dairy cows, *Journal of Dairy Science*, 98(10), 7164-7182. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-9269>

R Core Team (2018) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. <https://www.R-project.org>

Rodrigues, R., Cooke, R., Firmino, F., Moura, M., Angeli, B., Ferreira, H., Brandão, A., Fabry, M., Ostrensky, A., & Vasconcelos, J. (2019). Productive and physiological responses of lactating dairy cows supplemented with phytogenic feed ingredients. *Translational Animal Science*, 3(4), 1133–1142. <https://doi.org/10.1093/tas/txz108>

Sabek, A., Li, C., Du, C., Nan, L., Ni, J., Elgazzar, E., Ma, Y., Salem, A., & Zhang, S. (2021). Effects of parity and days in milk on milk composition in correlation with β -hydroxybutyrate in tropic dairy cows. *Tropical Animal Health and Production*, 53(2), 270. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02690-7>.

Sachi, S., Ferdous, J., Sikder, M.H., & Hussani, S. (2019). Antibiotic residues in milk: Past, present and future. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 6(3), 315-332, <http://doi.org/10.5455/javar.2019.f350>

Shaker, B., Sabrin, M., Abdallah, T., Mohamed, H., Soliman, M., Tareq, M., & Sobhy, M. (2020). Effect of an essential oil blend on dairy cow performance during treatment and post-treatment periods. *Sustainability*, 19(21), 9123, <https://doi.org/10.3390/su12219123>

Silvestre, A. Martins, A. Santos, V., Ginja, M., & Colaço, J. (2009). Lactation curves for milk, fat and protein in dairy cows: A full approach. *Livestock Science*, 122(2–3). <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2008.09.017>.

Tekeli, A., Yıldız, G., Drochner, W., & Steingass, H. (2015). Efficacy of essence oil supplementation to feeds on volatile fatty acid production. *Revista Médico Veterinario Zootecnista Córdoba*, 20 (Supl.), 4884–4894. <https://doi.org/10.21897/rmvz.4>

Temmar, R., Rodríguez-Prado, M., Forgeard, G., Rougier, C., & Calsamiglia, S. (2021). Interactions among natural active ingredients to improve the efficiency of rumen fermentation in vitro. *Animals*, 11, 1205, <https://doi.org/10.3390/ani11051205>

Tipu, M., Akhtar, M., & Raja, M. (2006). New dimension of medicinal plants as animal feed. *Pakistan Veterinary Journal*, 26(3), 144-148. <http://pvj.com.pk/pdf->



- Trombete, F., Dos Santos, R., & Souza, A. (2014). Antibiotic residues in Brazilian milk: a review of studies published in recent years. *Revista Chilena de Nutrición*, 41(2), 191-197. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182014000200010>
- Urrutia, N., & Harvatine, K. (2017). Acetate dose-dependently stimulates milk fat synthesis in lactating dairy cows. *The Journal of Nutrition*, 147(5), 763–769. <https://doi.org/10.3945/jn.116.245001>
- Valenzuela, N., Pinell, A., Muhlia, A., Domínguez, D., & González, H. (2017). Dietary inclusion effects of phytochemicals as growth promoters in animal production. *Journal of Animal Science and Technology*, 59(8). <https://doi.org/10.1186/s40781-017-0133-9>.
- Valero, M., Farias, M., Zawadzki, F., Prado, R., Fugita, C., Rivaroli, D., Ornaghi, M., & Prado, I. (2016). Feeding propolis or essential oils (cashew and castor) to bulls: Performance, digestibility, and blood cell counts. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 29(1), 33–42. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v29n1a04>.
- Wall, E., Doane, P., Donkin, S., & Bravo, D. (2014). The effects of supplementation with a blend of cinnamaldehyde and eugenol on feed intake and milk production of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 97(9): 5709–5717. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-7896>.
- Wood, S. (2011) Fast stable restricted maximum likelihood and marginal likelihood estimation of semiparametric generalized linear models. *Journal of the Royal Statistical Society (B)* 73(1):3-36. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9868.2010.00749.x>
- Zhou, M., Xu, L., Zhao, F., & Liu, H. (2021) Regulation of milk protein synthesis by free and peptide-bound amino acids in dairy cows. *Biology* 10, 1044. <https://doi.org/10.3390/biology10101044>.