

Efecto de DHA y extractos de plantas sobre la productividad de cerdas infectadas con PRRS

DHA and plants extracts effect on productivity of sow infected PRRS

Álvaro Alberto Ángeles-Marín¹ ,
Rubén Loeza-Limón^{1*} ,
José Alfredo Villagómez-Cortés¹ ,
Jorge Genaro Vicente-Martínez¹ ,
Isaac De Gasperín-López¹ 

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana. Miguel Ángel de Quevedo S/N, esq. Yáñez, CP. 91710. Col. Unidad Veracruzana. Veracruz, Veracruz, México.

*Autor de correspondencia:
rloeza@uv.mx

Artículo científico

Recibido: 03 de febrero 2023

Aceptado: 18 de mayo 2023

Como citar: Ángeles-Marín AA, Loeza-Limón R, Villagómez-Cortés JA, Vicente-Martínez JG, De Gasperín-López I (2023) Efecto de DHA y extractos de plantas sobre la productividad de cerdas infectadas con PRRS. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 10(2): e3640. DOI: 10.19136/era.a10n2.3640

RESUMEN. El Síndrome Respiratorio y Reproductivo del Cerdo (PRRS) es una enfermedad endémica en porcinos que tiende a la cronicidad. Los esfuerzos se centran en prevención y control para minimizar el daño, pues no existe tratamiento. Se evaluó el efecto de la adición de ácido docosahexaenoico (DHA) y oleoresina de cúrcuma y capsicum (EP, extractos de plantas) en la alimentación de cerdas reproductoras afectadas con PRRS sobre su desempeño productivo, de salud y en su progenie. Cuarenta y ocho cerdas de primer parto se distribuyeron al azar en cuatro tratamientos (Tr1, testigo; Tr2, DHA; Tr3, EP; Tr4, DHA+EP). El ensayo con el segundo parto siguió el mismo diseño. Tr3 y Tr4 obtuvieron más peso de lechones al nacer en ambos partos ($P < 0.05$) que los demás. En ambos partos, la adición de DHA y EP resultó en menos cantidad de momias ($P < 0.05$) y menor costo que los otros tratamientos. Tr3 tuvo mayor número de lechones vivos en ambos partos, mientras que Tr4 solo en el segundo parto ($P < 0.05$). En el primer parto, se destetaron más lechones en Tr2 y Tr3 ($P > 0.05$); pero Tr2 superó a los demás en el segundo parto ($P > 0.05$). Por ELISA, todos los cerdos desarrollaron anticuerpos contra PRRS. Los grupos que recibieron DHA y/o EP tuvieron concentraciones séricas de IgG superiores al testigo ($P < 0.05$). Se concluye que la adición de DHA y EP mejora la respuesta productiva y mayores concentraciones de IgG en ambos partos, además de reducir el costo de producción de las cerdas.

Palabras clave: Ácidos grasos, aditivos fitogénicos, infección viral, inmunostimulante, porcinos.

ABSTRACT. Pig Respiratory and Reproductive Syndrome (PRRS) is an endemic disease in pigs that tends to become chronic. Efforts are focused on prevention and control to minimize damage, as no treatment exists. The effect of adding docosahexaenoic acid (DHA) and turmeric oleoresin and capsicum (plant extracts, PE) in the feeding of breeding sows affected with PRRS on their productive performance, health and progeny was evaluated. Forty-eight first-parturition sows were randomly distributed into four treatments (Tr1, control; Tr2, DHA; Tr3, PE; Tr4, DHA+PE). The second parturition assay followed the same design. Tr3 and Tr4 got more piglet weight at birth in both parturitions ($P < 0.05$) than the others. In both deliveries, the addition of DHA and PE resulted in fewer mummies ($P < 0.05$) and lower cost than the other treatments. Tr3 had a higher number of live piglets in both parturitions, while Tr4 only got that in the second parturition ($P < 0.05$). More piglets were weaned in Tr2 and Tr3 ($P > 0.05$) in the first parturition; but Tr2 outperformed the others in the second parturition ($P > 0.05$). By ELISA, all pigs developed antibodies against PRRS. The groups receiving DHA and/or PE had higher serum IgG concentrations than control ($P < 0.05$). It is concluded that the addition of DHA and PE improves the productive response and induced higher concentrations of IgG in both parturitions, in addition to reducing the production cost of sows.

Key words: Fat acids, phytogetic feed aditives, viral infection, immunostimulant, swine.

INTRODUCCIÓN

El Síndrome Reproductivo y Respiratorio Porcino (PRRS) es una de las enfermedades infecciosas más relevantes en la industria porcina. Los brotes ocasionan pérdidas económicas en 10% de la producción anual de lechones y se considera una pérdida de US \$239 a \$300 por cerda por año en EUA, Alemania, Holanda y México (López-Heydeck *et al.* 2015). Este virus se caracteriza por fiebre alta, dificultad respiratoria y alta mortalidad en cerdos de todas las edades y en los últimos años ha afectado gravemente la industria porcina de todo el mundo (Do *et al.* 2020). La infección por PRRS se puede dividir en tres etapas: 1) infección aguda caracterizada por infección sistémica centrada en los tejidos pulmonares y linfoides, viremia y seroconversión; 2) infección crónica persistente caracterizada por la disminución de los títulos de anticuerpos y la reducción de los niveles de replicación del virus en los tejidos linfoides; y 3) eliminación de virus infecciosos por mecanismos inmunes (Risser *et al.* 2021). La rápida difusión del PRRS en la mayoría de los países productores de cerdos, al igual que las pérdidas económicas ocasionadas a la industria porcina, han contribuido al desarrollo de numerosas herramientas y técnicas para el diagnóstico, la prevención y el control, en especial mediante el desarrollo de vacunas eficaces para la enfermedad (Renukaradhya *et al.* 2015).

El control del PRRS es un proceso complejo dados los múltiples factores que implica. Esto hace que su vigilancia sea más difícil e incluya muchos más factores a considerar que otras enfermedades (Gómez *et al.* 2021). Cuando se repara en los casos de éxito y fracaso en el control de esta enfermedad a nivel de granja o unidad de producción, se observa que una de las medidas principales para controlar un brote de PRRS es la bioseguridad (tanto interna como externa). También hay otros factores de prevención que se llevan a cabo tales como: control de la estructura censal de la granja, programas vacunales (la vacunación de madres y lechones en sabana), planificación del flujo de animales interno y externo de la granja, el control en la reposición del pie de cría y pruebas periódicas de serología a los animales (Co-

taquispe *et al.* 2022). Sin embargo, la gran capacidad del virus para evadir el sistema inmune ha impedido alcanzar resultados totalmente satisfactorios (Castillo *et al.* 2021), por lo que los anticuerpos en animales infectados con PRRS no tienen un papel protector y solo sirven para señalar que un animal estuvo en contacto con el virus.

Para reducir el impacto de PRRS sobre la producción, se han buscado otras opciones que refuercen el sistema inmune de los cerdos afectados. Así, el uso de ácidos grasos omega 3, específicamente el ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA), en la alimentación de la cerda gestante y lactante influyen en una mejor viabilidad y supervivencia de los lechones al nacimiento (Smits *et al.* 2013). La adición del 1% de aceite de pescado permite aumentar los niveles de estos ácidos grasos en los tejidos fetales, principalmente en el cerebro, lo que produce mayor vitalidad y una menor mortalidad de los lechones en el pre-destete (10.2 vs 11.7%) (Rooke *et al.* 2001). Algunas investigaciones encontraron que al adicionar fuentes naturales con alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI), principalmente ácidos grasos omega 3 (Ω 3FA) en el alimento para cerdas en gestación durante la primera semana de lactancia, se aumentaron sustancialmente los niveles de estos ácidos grasos en el calostro y en la leche (Fritsche *et al.* 1993, Rooke *et al.* 1998); en consecuencia, se incrementó también en los tejidos de los lechones recién nacidos y en las células inmunes de los cerdos lactantes. Aunado a esto, Leonard *et al.* (2010) encontraron que la suplementación de extracto de algas marinas en cerdas, desde el día 109 de gestación hasta el destete, aumentó las concentraciones de inmunoglobulinas G (IgG) calostrales y la concentración circulantes de inmunoglobulinas A y G en los lechones lactantes. Por su parte, Feyera (2018) obtuvo mayor tamaño de la camada al nacimiento (12.8 vs 11.1) en cerdas de tres a siete partos que consumieron 0.3% de aceite de pescado en el alimento durante el periodo de lactancia, y de un 0.6% en el alimento de la gestación siguiente hasta 4 semanas después de la cubrición; mientras que Tanghe y De Smet (2013) reportaron que la progenie de cerdas que consumieron

ácidos grasos omega 3 durante la gestación y la lactancia en dos partos seguidos, tuvieron cierta ventaja en la fase de engorda, obteniendo mejor peso al mercado que un grupo testigo.

Los extractos de plantas son de interés potencial debido a su acción antiviral (Sökmen *et al.* 2004), antimicrobiano (Baydar *et al.* 2004), antioxidante (Alvis *et al.* 2012), antiinflamatorio, entre otros efectos biológicos (Lee *et al.* 2004). Esto abre la posibilidad del uso de EP como sustitutos de los antibióticos en la dieta, a fin de obtener mejoras en el rendimiento y en la salud de los animales (Pettigrew *et al.* 2006, Stein *et al.* 2006). El DHA, al igual que la oleorresina de cúrcuma y el capsicum, además de funcionar como fuentes de energía, juegan un papel importante en el mantenimiento estructural de la membrana celular, como resultado de sus efectos antimicrobianos, antiinflamatorios y como moléculas de señalización (Kim *et al.* 2010). Así mismo, estos compuestos actúan como precursores en la síntesis de eicosanoides y otros mediadores en las diferentes fases de crecimiento del cerdo, por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la adición de ácido docosahexaenoico (DHA) y oleorresina de cúrcuma y capsicum (EP) en la dieta de cerdas reproductoras afectadas con Síndrome Respiratorio y Reproductivo del Cerdo (PRRS) sobre su desempeño productivo, de salud y en su progenie.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

Las pruebas de campo se llevaron a cabo en la Empresa Porcicola Prodasinco, en la granja comercial El Platanar, ubicada en la localidad de Buena Vista, municipio de Emiliano Zapata, en el centro del estado de Veracruz, localizada a 19° 4' de latitud norte y 96° 55' de longitud oeste. El clima es subhúmedo, con lluvias en verano, con índice de humedad promedio de 43.2%, y temperatura anual promedio de 25.2 °C (INAFED 2022).

Animales y manejo

Una población de 48 vientres de pie de cría de una línea de cerdos producto de un cruzamiento

Landrace x Large White fueron inseminadas de forma tradicional y llevadas a la sala de gestación, donde estuvieron durante 114 días en jaulas de gestación de 0.60 m de ancho por 2.30 m de largo. Un día antes de la fecha esperada de parto, se enviaron a la sala de partos, donde permanecieron los 21 días de lactancia en jaulas elevadas de 1.60 m de ancho por 2.30 m de largo.

Diseño experimental y dietas

Las dietas utilizadas en la alimentación de las cerdas se elaboraron en la planta de alimentos de la granja. Se usaron dos fases productivas (gestación y lactancia) con distintas dietas (Tabla 1). El alimento de gestación se suministró 20 días antes de la inseminación y durante toda la gestación y los días abiertos; el alimento de lactancia se proporcionó los 21 días que duró esta fase.

El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro tratamientos. Se usaron 12 cerdas por tratamiento y la cerda y su camada se consideraron como la unidad experimental. Los tratamientos probados fueron: 1 (testigo): recibió solo el alimento de gestación elaborado en la granja, 2: el alimento de gestación + 300 g/t de DHA (DH Nature, Archer Daniels Midland, ADM), 3: el mismo alimento de gestación + 200 g/t de EP (X-Tract Nature, Pancosma), y 4: el alimento de gestación + 300 g/t de DHA + 200 g/t de EP.

Para el segundo parto, se usaron las mismas cerdas que en el primer parto, con un diseño experimental idéntico. Durante la fase de lactancia, se utilizaron las mismas asignaciones de tratamientos completamente al azar con una dieta de lactancia, tanto para el primer como para el segundo parto (Tabla 1).

Parámetros evaluados

En las cerdas y en los lechones respectivamente, se registraron y evaluaron los siguientes parámetros: Desempeño de parición: número de lechones nacidos vivos (NLNV), número de lechones nacidos muertos (NLNM), peso del lechón al nacimiento (PLN), número de momias al parto (NMP). Desempeño de destete: número de lechones

Tabla 1. Composición de la dieta para cerdas en gestación y lactación (formulada para 100 kg de alimento).

Ingredientes	Gestación				Lactación			
	Testigo	DHA	EP	DHA+EP	Testigo	DHA	EP	DHA+EP
Grano de sorgo	26.38	26.38	26.38	26.38	65.31	65.31	65.31	65.31
Pasta de soya	26.50	26.50	26.50	26.50	8.50	8.50	8.50	8.50
Grano de maíz	26.38	26.38	26.38	26.38	8.31	8.31	8.31	8.31
Salvado de trigo	12.90	12.90	12.90	12.90	7.00	7.00	7.00	7.00
Cascara de soya	—	—	—	—	6.50	6.50	6.50	6.50
Base de Lactancia perfecto XP	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
Aceite vegetal	3.90	3.90	3.90	3.90	0.60	0.60	0.60	0.60
Bicarbonato de sodio	0.21	0.21	0.21	0.21	0.10	0.10	0.10	0.10
Detoxa plus	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Algadette	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
DHA	—	0.30	—	—	—	0.30	—	—
EP	—	—	0.20	—	—	—	0.20	—
DHA+EP	—	—	—	0.30+0.20	—	—	—	0.30+0.20
	Análisis de nutrientes, %							
Kcal EM	3.41	3.41	3.41	3.41	3.15	3.15	3.15	3.15
Humedad	12.12	12.12	12.12	12.12	12.17	12.17	12.17	12.17
Proteína cruda	19.10	19.10	19.10	19.10	11.99	11.99	11.99	11.99
Grasa cruda	6.37	6.37	6.37	6.37	3.31	3.31	3.31	3.31
Cenizas	5.81	5.81	5.81	5.81	4.87	4.87	4.87	4.87
Fibra cruda	3.28	3.28	3.28	3.28	5.08	5.08	5.08	5.08
Fosfato total	0.58	0.58	0.58	0.58	0.48	0.48	0.48	0.48
Calcio	0.83	0.83	0.83	0.83	0.76	0.76	0.76	0.76

destetados (NLD), peso del lechón al destete (PLD), mortalidad pre-destete (MPD).

Pruebas serológicas

Un día antes de inseminar a cada cerda, al día 109 de gestación y al destete, se obtuvieron muestras de sangre de la vena cava anterior. Una vez extraída la sangre se depositó en tubos de ensayo de 10 mL que se centrifugaron a 3 500 gravedades. El suero obtenido se congeló a -20 °C hasta su análisis posterior por la técnica de ELISA para la detección anticuerpos contra PRRS, y por la técnica de inmunodifusión radial (IDR). Se realizó la prueba de ELISA indirecta de acuerdo con el manual del kit comercial HerdChek PRRS X3® (IDEXX), consistente en placas tapizadas con antígeno recombinante del VPPRS, suero control positivo a VPPRS, suero control negativo a VPPRS y conjugado anti-porcino IgG; se consideró una reacción positiva cuando se obtuvo un cociente de la absorbancia de la muestra con respecto a la del control positivo (M/P) igual o superior a 0.4, lo que es indicativo de que hubo inmunización o exposición al virus de PRRS. Para cuantificar la cantidad exacta de anticuerpos (inmunogamaglobulinas G, IgG), se realizó la prueba de

inmunodifusión radial de acuerdo con el manual del kit comercial NANORID™. Estos kits usan anticuerpos potenciados con látex para ofrecer una cuantificación precisa, incluso con bajas concentraciones de proteína.

Todos los ensayos por inmunodifusión radial (IDR) se realizaron con tres métodos de ensayo diferentes: tabla de referencia de IDR (Mancini), difusión completa (Mancini *et al.* 1965) y difusión incompleta (Fahey y McKelvey 1965). Las placas de IDR se seccionaron para permitir que cada placa se usara más de una vez y para mayor precisión y exactitud, se empleó un diluyente de muestras para reducir las diferencias de viscosidad entre ellas.

Análisis Beneficio-Costo

Se determinó el costo por concepto de alimentación (dietas empleadas en la evaluación) de las cerdas para la obtención de algunos indicadores productivos (NLNV, NLD, NMP, LNM y MPD). Para su determinación, los costos de alimento se calcularon a partir del precio en dólares de los ingredientes durante el periodo 2020-2022. El costo del número de lechones nacidos vivos (NLNV), destetados (NLD) y número de momias al parto (NMP), número de

lechones nacidos muertos (NLNM) y mortalidad predestete, se obtuvo a partir del costo en dólares de cada una de las dietas (TRT 1, DHA, EP y DHA+EP).

Análisis estadístico

Todos los datos fueron evaluados mediante análisis de varianza a través del paquete estadístico Minitab v.16 y se usó la prueba de medias de Tukey para identificar diferencias entre los tratamientos.

RESULTADOS

Primer parto

Para DHA+EP, NLNM y MPD difirieron estadísticamente ($P < 0.05$), observándose más animales muertos al nacimiento y durante la lactancia que en el resto de los tratamientos (Tabla 2). El NLNV difirió estadísticamente, siendo mayor para los tratamientos EP y DHA+EP ($P < 0.05$), en comparación con él testigo y DHA. Para el NLD hubo diferencia estadística, siendo mejores los tratamientos DHA y EP ($P > 0.05$) que él testigo y DHA+EP. El PLN y PLD tuvieron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) para DHA y EP, siendo superiores al grupo testigo y DHA+EP. En NMP se encontró que DHA y EP fueron estadísticamente diferentes ($P < 0.05$) al testigo y a DHA+EP; además, los grupos tratados con DHA y EP tuvieron menos momias al parto.

Segundo parto

En NLNM, no se observaron diferencias estadísticas en todos los tratamientos (Tabla 3). Para NLNV y NLD, el grupo DHA+EP tuvo mayores valores y difirió estadísticamente ($P < 0.05$) del tratamiento testigo, de DHA y de EP. Para la mortalidad predestete, el grupo EP mostró diferencia estadística, observándose menos muertos durante el periodo de lactancia ($P < 0.05$) que en el resto de los tratamientos. Para PLN, el testigo y EP fueron superiores y diferentes estadísticamente ($P < 0.05$) que DHA y DHA+EP. Para PLD, DHA fue superior y estadísticamente diferente ($P < 0.05$) al grupo testigo, a EP y a DHA+EP. En NMP, el grupo DHA+EP difirió estadísticamente

($P < 0.05$) y tuvo menos momias que el testigo, que DHA y que EP.

Pruebas serológicas

Las pruebas serológicas indican que el PRRS estuvo presente en el pie de cría de cerdas de primer y segundo parto y su progenie. Tanto en cerdas de primer como del segundo parto, el primer muestreo se realizó tres días antes del servicio de inseminación artificial y se detectó la presencia de anticuerpos contra el PRRS en animales de los cuatro tratamientos.

Inmunogamaglobulinas IgG

Las cerdas de primer parto que consumieron DHA o EP durante la gestación y la lactancia, alcanzaron los mayores valores de inmunogamaglobulinas (IgG) al parto; la progenie obtuvo la mayor concentración sérica de IgG durante la lactancia al día 5 de vida ($P < 0.05$), en comparación con los tratamientos testigo y DHA+EP (Tabla 4).

Las cerdas de segundo parto que consumieron DHA y EP durante la gestación y lactancia, alcanzaron los mayores valores de IgG al parto; esto posiblemente sucedió por la adición constante de DHA y de EP en el alimento de las cerdas desde el primer parto, lo cual se continuó también en el segundo parto. Sin embargo, para el día cinco de vida del lechón y al destete, el DHA y DHA+EP fueron los tratamientos con mayores valores de IgG ($P < 0.05$), en comparación con el testigo y EP.

Análisis de beneficio-costo

Durante el primer y segundo parto, no se identificó diferencia entre tratamientos ($P > 0.05$) en el costo de NLNV y NLD; sin embargo, para NMP, los grupos que recibieron DHA, EP o DHA+EP tuvieron un menor costo ($P < 0.05$) que el testigo (Tabla 5). Para NLNM y MPD, el costo DHA+EP resultó mayor y fue diferente al del resto de los tratamientos ($P < 0.05$). Para el segundo parto, no se encontró diferencia entre tratamientos ($P > 0.05$) para el NLNM. Para MPD, el grupo DHA+EP obtuvo un menor costo ($P < 0.05$) que el resto de los tratamientos.

Tabla 2. Efecto de la alimentación de cerdas de primer parto con dietas adicionadas con DHA, EP Y DHA+EP durante la gestación y lactancia.

Tratamiento	NLNV	NLD	NLNM	MPD	NMP	PLN	PLD
Testigo	12.19 ^b	11.31 ^b	0.50 ^b	0.75 ^b	0.75 ^b	1.26 ^b	4.67 ^b
DHA	12.57 ^b	12.09 ^a	0.75 ^b	0.66 ^b	0.41 ^a	1.34 ^a	5.46 ^a
EP	14.25 ^a	12.17 ^a	0.75 ^b	0.75 ^b	0.58 ^a	1.35 ^a	5.06 ^a
DHA+EP	14.12 ^a	9.61 ^b	2.16 ^a	2.80 ^a	0.75 ^b	1.20 ^b	4.20 ^b
EEM ¹	0.168	0.178	0.062	0.069	0.053	0.026	0.053

NLNV: Lechones nacidos vivos, NLD: Lechones destetados, NLNM: Lechones nacidos muertos, MPD: Mortalidad pre-destete, NMP: Número de momias al parto, PLN: Peso de los lechones al nacimiento, PLD: Peso de los lechones al destete. EEM¹ = Error estándar de la media. Literales distintas por columna difieren estadísticamente (P < 0.05).

Tabla 3. Efecto de la alimentación de cerdas de segundo parto con dietas adicionadas con DHA, EP Y DHA+EP durante la gestación y lactancia.

Tratamiento	NLNV	NLD	NLNM	MPD	NMP	PLN	PLD
Testigo	11.09 ^c	10.27 ^c	0.48 ^a	1.95 ^a	0.54 ^a	1.49 ^a	5.83 ^b
DHA	13.40 ^b	12.60 ^b	0.56 ^a	1.85 ^a	0.40 ^a	1.30 ^b	6.79 ^a
EP	12.08 ^c	11.41 ^c	0.50 ^a	0.68 ^c	0.08 ^c	1.50 ^a	5.49 ^b
DHA+EP	14.40 ^a	13.60 ^a	0.65 ^a	1.35 ^b	0.20 ^b	1.30 ^b	5.19 ^b
EEM ¹	0.082	0.073	0.91	0.125	0.061	0.085	0.208

NLNV: Lechones nacidos vivos, NLD: Lechones destetados, NLNM: Lechones nacidos muertos, MPD: Mortalidad pre-destete, NMP: Número de momias al parto, PLN: Peso de los lechones al nacimiento, PLD: Peso de los lechones al destete. EEM¹ = Error estándar de la media. Literales distintas por columna difieren estadísticamente (P < 0.05).

Tabla 4. Efecto de la alimentación de cerdas de primer y segundo parto y su progenie con dietas adicionadas con DHA, EP y DHA + EP durante la gestación y lactancia y su contenido de IgG (mg/ml) en suero sanguíneo.

Tratamientos	Primer parto			Segundo parto		
	Cerda al parto	Lechón al día 5	Lechón al destete	Cerda al parto	Lechón al día 5	Lechón al destete
Testigo	15.99 ^b	19.42 ^b	9.84 ^b	16.29 ^b	19.00 ^b	10.14 ^b
DHA	22.40 ^a	22.05 ^a	12.21 ^a	22.71 ^a	21.09 ^a	11.14 ^a
EP	22.41 ^a	21.73 ^a	12.28 ^a	22.31 ^a	19.76 ^b	10.22 ^b
DHA+EP	16.03 ^b	19.16 ^b	10.19 ^b	16.37 ^b	22.06 ^a	11.45 ^a
EEM	0.081	0.108	0.350	0.259	0.100	0.292

¹EEM Error estándar de la media. Literales distintas por columna difieren estadísticamente (P < 0.05).

Tabla 5. Costo de la progenie (en \$USD) por concepto de alimentación de cerdas de primer y segundo parto en gestación y lactancia adicionado con DHA, EP y DHA+EP y su respuesta económica en algunas variables de producción.

Tratamientos	Primer parto					Segundo parto				
	NLNV	NLD	NMP	NLNM	MPD	NLNV	NLD	NMP	NLNM	MPD
Testigo	8.07 ^a	3.63 ^a	6.11 ^a	4.21 ^b	2.70 ^b	9.01 ^a	7.74 ^a	5.15 ^a	3.52 ^a	9.10 ^a
DHA	7.49 ^a	3.70 ^a	4.26 ^b	5.64 ^b	2.83 ^b	7.36 ^a	5.70 ^a	2.62 ^b	3.82 ^a	7.32 ^a
EP	7.61 ^a	4.00 ^a	4.60 ^b	6.22 ^b	2.37 ^b	9.19 ^a	8.63 ^a	0.60 ^c	3.89 ^a	9.20 ^a
DHA+EP	6.77 ^a	3.85 ^a	5.80 ^a	15.77 ^a	8.48 ^a	6.66 ^a	5.92 ^a	1.00 ^c	5.30 ^a	6.70 ^b
EEM	0.81	0.056	0.184	0.174	0.013	0.138	0.147	0.184	0.152	0.243

NLNV: Lechones nacidos vivos, NLD: Lechones destetados, NLNM: Lechones nacidos muertos, MPD: Mortalidad pre-destete, NMP: Número de momias al parto, PLN: Peso de los lechones al nacimiento, PLD: Peso de los lechones al destete. EEM Error estándar de la media. Literales distintas por columna difieren estadísticamente (P < 0.05).

DISCUSIÓN

Primer parto

La suplementación del alimento con EP y DHA+EP durante los 20 días anteriores a la cubrición y toda la gestación, ejerció un efecto positivo durante los primeros días de la gestación, ya que se observa mayor NLNV en ambos tratamientos (Tabla 2). En este sentido, Smits *et al.* (2013) encontraron mejoras en el total de lechones nacidos vivos cuando suplementaron las dietas de cerdas con 3 g de aceite de pescado por kilogramo de dieta durante los 30 días previos al parto y durante toda la lactancia (21 días), lo que sugiere una mayor supervivencia fetal. De igual modo, Liu *et al.* (2013) adicionaron cúrcuma y capsicum en la alimentación (200 g/t) de cerdas gestantes de 1, 2 y 3 partos y encontraron un mayor porcentaje de lechones nacidos vivos (92.6 vs 90.7%).

En las cerdas que recibieron dietas que incluyeron DHA y EP, los valores de NLD resultaron ser mayores (Tabla 2). Esto vuelve a confirmar que el agregar DHA+EP en el alimento de cerdas desde el primer parto ocurre un trabajo sinérgico entre ambos sustratos, lo que concuerda con los resultados de Rooke *et al.* (2001), quienes concluyen que las dietas enriquecidas con DHA fortalecen los tejidos cerebrales del lechón, le otorgan mayor vitalidad y disminuyen la muerte pre-destete, lo que permite obtener animales más vigorosos con mayor capacidad de sobrevivencia. Al probar el uso de oleorresina de cúrcuma y capsicum en cerdas en lactancia, Liu *et al.* (2014) y Luo *et al.* (2019) observaron que los lechones son más robustos, lo que los dota de ventaja para llegar a la teta de la madre y, por ende, lograr mejor condición corporal para sobrevivencia.

En el análisis de los NMP, PLN y PLD, los grupos en que se incluyó DHA o EP en la dieta tuvieron menos momias al parto (Tabla 2). Este hallazgo coincide en parte con las observaciones de Llauradó *et al.* (2021) y Liu *et al.* (2013), quienes al adicionar fuentes naturales de ácidos grasos poliinsaturados omega 3 en la gestación y primera semana de lactancia de cerdas, encontraron altos niveles de estos ácidos grasos en el calostro y leche, con un incremento consecuente en los tejidos de lechones recién naci-

dos, y las células inmunes de cerdos lactantes, lo que provocó reducción en la liberación de eicosanoides proinflamatorios y dio como resultado lechones con un mayor peso al nacimiento y destete. Estos resultados concuerdan con lo encontrado por Kwiecien *et al.* (2017) quienes observaron que las células NK uterinas pueden inducir la secreción de factores solubles con capacidad para inhibir la infección viral por PRRS *in vitro*. Con relación a esto, Liu *et al.* (2013) adicionaron EP a cerdas de cría y mejoraron la inmunidad de los cerdos en respuesta a un desafío de PRRS, además de que se logró aliviar los impactos negativos de la infección, como la reducción de la carga viral, de la citocina proinflamatoria y de proteínas de fase aguda, con una mejora en la eficiencia alimenticia y en la ganancia diaria de peso de los cerdos infectados con PRRS. Estos hallazgos concuerdan con la información obtenida en este estudio, ya que se aprecia una mejora en la respuesta inmune de los lechones provenientes de cerdas alimentadas con EP (Pu *et al.* 2009, Wang *et al.* 2011).

Tanto el DHA como el EP posiblemente mejoraron el sistema inmune, ya que las células CD8+ endometriales, las células activadas por los macrófagos alveolares porcinos (Ialoadhesina), participan en la replicación del PRRS (Karniychuk *et al.* 2013). Los macrófagos infectados con PRRSV poseen una susceptibilidad reducida a la citotoxicidad de las células NK en sangre periférica *in vitro* (Cao *et al.* 2013); sin embargo, las células NK endometriales son únicas y distintas de las de sangre periférica debido al entorno inmunológico, en especial en la interfaz materno-fetal (Manaster *et al.* 2008, Mselle *et al.* 2009, Kwiecien *et al.* 2017), donde las células NK uterinas pueden inducir la secreción de factores solubles con capacidad para inhibir la infección viral *in vitro*. Al respecto, Luo *et al.* (2019) agregaron aceite de pescado a dietas de cerdas durante la gestación y encontraron que las concentraciones de interleucina-6 (IL-6) y prostaglandina de la serie 2 (PGE2) en el plasma de las cerdas el día del parto, y de interleucina-1 β (IL-1 β) en el plasma de la sangre del cordón umbilical, fueron menores en el grupo que contenía aceite de pescado que en el grupo control sin aceite de pescado, si bien aumentó la concentración de interleucina-10 (IL-

10) mRNA en las placentas, la cual es antiinflamatoria, por lo que el tratamiento DHA pudo modular la respuesta inmunológica de los lechones recién nacidos mediante la reducción de la transferencia de las citoquinas proinflamatorias de las cerdas a sus lechones a través de la sangre del cordón umbilical, así como a través del aumento de la expresión de las citoquinas antiinflamatorias en los hígados de los lechones. Posiblemente el EP actuó sobre los receptores TPRV1 de las dendritas, estimuló el sistema inmunológico del neonato y provocó su supervivencia en la placenta.

Segundo parto

La mezcla DHA+EP obtuvo mejor resultado en NLNV (Tabla 3), lo cual posiblemente resultó de la adición constante de estos compuestos al alimento de las cerdas desde el primer parto (Rooke *et al.* 2001). Nuestro estudio obtuvo resultados similares a lo observado por Liu *et al.* (2014), quienes adicionaron cúrcuma y *capsicum* en la alimentación de cerdas gestantes de uno y dos partos y encontraron uno por ciento más de lechones nacidos vivos.

El NLD fue mayor para el DHA+EP (Tabla 3). Nuestro estudio tuvo hallazgos similares a lo observado por Pu *et al.* (2008), quienes al probar el uso de oleorresina de cúrcuma y *capsicum* en cerdas en lactancia, observaron que los lechones son más fuertes y ello les concede una superioridad para llegar a la teta de la madre y, por ende, lograr mejor condición física para su sobrevivencia. Para el NMP se redujeron también los valores de los grupos que recibieron DHA y DHA+EP (Tabla 3). Este hallazgo coincide con lo encontrado por Kwiecien *et al.* (2017) quienes observaron que las células NK uterinas pueden inducir la secreción de factores solubles con capacidad para inhibir la infección viral por PRRS *in vitro*. Con relación a esto, Liu *et al.* (2013) adicionaron EP a cerdos de cría y mejoraron la inmunidad de los cerdos en respuesta a un desafío de PRRS, además de que se logró aliviar los impactos negativos de la infección, como la reducción de la carga viral, de la citocina proinflamatoria y de las proteínas de fase aguda, con una mejora en la eficiencia alimenticia y en la ganancia diaria de peso de los cerdos infectados con PRRS.

Pruebas serológicas

Los niveles de anticuerpos detectados por ELISA indican infecciones recientes y concuerdan con Kwiecien *et al.* (2017) y con Kwang *et al.* (1999), quienes observaron que los cerdos inoculados con PRRS presentaron una reacción positiva con una relación M/P ≥ 0.4 , lo que correspondería a un aumento de anticuerpos contra las proteínas M y N del antígeno. Estos resultados concuerdan con Gómez *et al.* (2021), quienes reportaron los valores más altos de M/P a PRRS en cerdas de primer parto. La respuesta serológica se asemeja también a los resultados obtenidos por Trincado *et al.* (2004) en lechones al nacimiento, al destete y en otras fases de producción en cerdos inoculados o infectados con PRRS, lo que indica una serorreacción desde los 14 días post infección.

Inmunoglobulinas IgG

El presente estudio respalda el uso de DHA y EP como solución inmunomoduladora en la producción porcina; así mismo, Bussy *et al.* (2019) hallaron valores similares de IgG en suero sanguíneo de cerdas lactantes y su progenie al día 14 de lactación con valores superiores (13.9 y 25.1 UL/mL respectivamente), en dietas adicionadas con alga verde (*Ulva armoricana*). El DHA se acumula principalmente en los fosfolípidos cerebrales fosfatidilcolina y la fosfatidiletanolamina, y en menor proporción, pero no menos importante, en la fosfatidilserina, ya que se asocia con plasmalógenos (esfingolípidos), yendo directo a células cardíacas e inmunológicas, como linfocitos B, lo cual posiblemente promovió una mejor respuesta inmunológica (Fritsche *et al.* 1993).

Los resultados de IgG (Tabla 4) concuerdan con los de Leonard *et al.* (2010), quienes obtuvieron en cerdas alimentadas con dietas basadas con extracto de algas desde el día 109 de gestación hasta el destete (día 26), valores máximos de IgG entre los días 5 y 12 de lactación. Los β -glucanos de los extractos de algas solubles son reconocidos por estimular la función inmune del hospedero a través de la activación de los receptores de dectin-1, y se expresan normalmente en la superficie celular de monocitos, macrófagos y neutrófilos (Brown y Gor-

don 2005, Volman *et al.* 2008), así como también de los receptores TRPV1 del tracto gastrointestinal y de células dendríticas (Furness *et al.* 2013). Al respecto, Vasileios *et al.* (2022) encontraron que el número de lechones momificados es un factor asociado positivamente con un mayor contenido de IgG en cerdas hiperprolíficas, lo cual es similar a lo identificado en este trabajo.

Análisis Beneficio-Costo

Para el primer parto, el beneficio costo fue mejor para los tratamientos DHA y EP en NMP, esto se debió al efecto del ácido graso de cadena larga (Bussy *et al.* 2019) y a los extractos fitogénicos (Kwiecien *et al.* 2017) en el organismo, los cuales probablemente evitaron que los cerdos murieran en el seno materno, para que posteriormente se convirtieran en momias. Lo mismo sucedió con NLNM y MPD, que resultaron menos costosos que los tratamientos antes mencionados. En el segundo parto, para NMP, se obtuvo un mejor beneficio-costo para EP y la mezcla DHA+EP como resultado del efecto de los lípidos y de los extractos de plantas, que activaron células protectoras del organismo, tales como células dendríticas, linfoides, mieloides y células NK citotóxicas en el seno materno, las cuales pueden causar un efecto detrimental sobre el virus del PRRS (Bujak *et al.* 2019; Lou *et al.* 2019). Para MPD en el segundo parto, el grupo tratado con DHA+EP obtuvo un menor costo debido a una mayor cantidad de animales que lograron destetarse (Tabla 5).

CONCLUSIONES

Las dietas de las cerdas adicionadas con ácido docosahexaenoico (DHA) y extractos de plan-

tas (oleorresina de cúrcuma y *capsicum*) a lo largo de dos gestaciones y partos aumentaron el número y peso de lechones al nacimiento y al destete. Además de reducir el número de momias al parto, en comparación con el uso de la dieta convencional, lo que mejoró el desempeño productivo y reproductivo de las cerdas y el crecimiento de su progenie. En el primero y segundo parto, los mejores resultados se tuvieron con DHA y EP, la adición de estos compuestos a las dietas de las cerdas en las dos gestaciones y partos tuvo efecto positivo sobre el número y peso de lechones al nacimiento y destete, peso del lechón al destete, y menor número de momias al parto. En el primer parto, el costo fue menor para NMP en los grupos tratados con DHA o EP. En el segundo parto, el menor costo se tuvo con los grupos tratados con DHA+EP o EP. Para NLNV y NLD, no se tuvieron diferencias económicas entre los tratamientos del primero y segundo parto. Para el tratamiento DHA+EP, el menor costo en MPD se reflejó en la mínima mortalidad observada durante los 21 días de lactancia, en comparación con el resto de los tratamientos. El uso de DHA, EP y DHA+EP en cerdas mejoró los índices reproductivos y productivos, además de proporcionar un beneficio económico positivo, observándose mejores resultados en el segundo parto.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo financiero proporcionado por Archer Daniels Midland (ADM), por conducto del M. en C. Francisco Guerrero Avendaño, y a Pan-cosma, por conducto de Ciro-Galeano, así como a la granja El Platanar.

LITERATURA CITADA

- Alvis AA, Arrazola G, Martínez W (2012) Evaluación de la actividad y el potencial antioxidante de extractos hidro-alcohólicos de cúrcuma (*Curcuma longa*). *Información Tecnológica* 23: 11-18.
- Baydar H, Sağdıç O, Özkan G, Karadoğan T (2004) Antibacterial activity and composition of essential oils from *Origanum*, *Thymbra* and *Satureja* species with commercial importance in Turkey. *Food Control* 15: 169-172.
- Brown GD, Gordon S (2005) Immune recognition of fungal β -glucans. *Cellular Microbiology* 7: 471-479.

- Bussy F, Matthieu LG, Henri-Salmon H, Delaval J, Berri M (2019) Immunomodulating effect of a seaweed extract from *Ulva armoricana* in pig: Specific IgG and total IgA in colostrum, milk, and blood. *Veterinary Animal Science* 7: 100051. DOI: 10.1016/j.vas.2019.100051.
- Bujak JK, Kosmala D, Szopa IM, Majchrzak K, Bednarczyk P (2019) Inflammation, cancer and immunity-implication of TRPV1 channel. *Cancer Immunity and Immunotherapy* 9. <https://doi.org/10.3389/fonc.2019.01087>
- Cao J, Grauwet K, Vermeulen B, Devriendt B, Jiang P, Favoreel H, Nauwynck H (2013) Suppression of NK cell-mediated cytotoxicity against PRRSV-infected porcine alveolar macrophages *in vitro*. *Veterinary Microbiology* 164: 261-269. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2013.03.001>
- Castillo EA, Ramírez VM (2021) Síndrome Reproductivo y Respiratorio Porcino: Una revisión del agente etiológico y su influencia en el comportamiento actual de la enfermedad. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 32: 1. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v32i1.19645>
- Cotaquispe NR, De la Cruz VE, Quispe CE, Sitaras N, Toskano HJ (2022) Caracterización molecular del síndrome respiratorio y reproductivo porcino (PRRS) del gen de la nucleocápside ORF 7 en granjas porcinas de Lima, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 36: 6. DOI: 10.15381/rivep.v33i6.21638.
- Do DT, Nguyen TT, Nguyen NTH, Nguyen HP, Le HT, NguyenNTT, Nguyen NTP, Chae C, Mah CK (2020) The efficacy and performance impact of foster a PRRS in a Vietnamese commercial pig farm naturally challenged by a highly pathogenic PRRS virus. *Tropical Animal Health and Production* 52: 1725-1732. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02177-6>
- Fahey JL, Mc Kelvey EM (1965) Quantitative determination of serum immunoglobulins in antibody-agar plates. *Journal of Immunology* 94: 84-90.
- Feyera T, Friis TP, Krogh U, Foldager L, Kappel PT (2018) Impact of sow energy status during farrowing on farrowing kinetics, frequency of stillborn piglets, and farrowing assistance. *Journal of Animal Science* 96: 2320-2331.
- Fritsche KL, Alexander DW, Cassity NA, Huang SC (1993) Maternally supplied fish oil alters piglet immune cell fatty acid profile and eicosanoid production. *Journal of Lipids* 28: 677-682.
- Furness JB, Rivera LR, Cho HJ, Bravo DM, Callaghan B (2013) The gut as a sensory organ. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology* 10: 729-740.
- INAFED (2022) Emiliano Zapata. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. México. <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM30veracruz/municipios/30065a.html>. Fecha de consulta: 16 de mayo de 2023.
- Gómez GSD, López VG, Herrera JC, Trasviña ME, Monge NFJ, Moreno TK, García RIC, Medina BGE, Cabanillas GMA (2021) Detection of porcine reproductive and respiratory syndrome in porcine herds of Baja California, Mexico. *Revista Mexicana Ciencias Pecuarias* 12: 1317-1325.
- Karniychuk UU, De Spiegelaere, W, Nauwynck HJ (2013) Porcine reproductive and respiratory syndrome virus infection is associated with an increased number of Sn-positive and CD8-positive cells in the maternal-fetal interface. *Virus Research* 176: 285-290.
- Kwang J, Zuckermann F, Ross G, Yang S, Osorio F, Liu W, Low S (1999) Antibody and cellular immune responses of swine following immunisation with plasmid DNA encoding the PRRS virus ORF's 4, 5, 6 and 7. *Research in Veterinary Science* 67: 199-201.
- Kim SW, Wu G, Baker DH (2010) Amino acid nutrition of breeding sows during gestation and lactation. *Pig News Information* 26: 89-99.

- Kwiecien EJ, Mejía-Silva W, Zapata D, Quintero-Moreno A, Gutiérrez C (2017) Estudio de la respuesta serológica contra el virus del síndrome reproductivo y respiratorio porcino (PRRS) en cerdos bajo condiciones tropicales. *Revista Científica FCV-LUZ* 27: 282-293.
- Lee KW, Everts H, Beynen AC (2004) Essential oils in the nutrition of broilers. *Journal of Poultry Science* 3: 738-752.
- Leonard SG, Sweeney T, Bahar B, Lynch BP, O'Doherty JV (2010) Effect of maternal fish oil and seaweed extract supplementation on colostrum and milk composition, humoral immune response, and performance of suckled piglets. *Journal of Animal Science* 88: 2988-2997.
- Liu Y, Che TM, Song M, Lee JJ, Almeida JAS, Bravo D, Van-Alstine WG, Pettigrew JE (2013) Dietary plant extracts improve immune responses and growth efficiency of pigs experimentally infected with porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *Journal of Animal Science* 91: 5668-5679.
- Liu Y, Song M, Che TM, Bravo D, Maddox CW, Pettigrew JE (2014) Effects of capsicum oleoresin, garlic botanical, and turmeric oleoresin on gene expression profile of ileal mucosa in weaned pigs. *Journal of Animal Science* 92: 3426-3440.
- López-Heydecka López SM, Alonso-Morales RA, Mendieta-Zerón H, Vázquez-Chagoyán CJ (2015) Porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS). Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 6: 69-89.
- Luo WL, Luo Z, Xu X, Zhao S, Li SH, Sho T, Xu JX (2019) The effect of maternal diet with fish oil on oxidative stress and inflammatory response in sow and new-born piglets. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* 6765803. DOI: 10.1155/2019/6765803.
- Llauradó CE, Lizardo GR, Llobera TD, Esteve-García E, Núria T (2022) Influencia de la incorporación de ácidos grasos omega-3 en dietas para cerda. XIX Jornadas sobre Producción Animal. Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario. Zaragoza, España. p. 49
- Manaster I, Mizrahi S, Goldman-Wohl D, Sela HY, Stern-Ginossar N, Lankry D, Gruda R, Hurwitz A, Bdoiah Y, Haimov-Kochman R, Yagelet S (2008) Endometrial NK cells are special immature cells that await pregnancy. *Journal of Immunology* 181: 1869-1876.
- Mancini G, Carbonara AO, Heremans JF (1965) Immunochemical quantitation of antigens by radial immunodiffusion. *Immunochemistry* 2: 235-2542.
- Mselle TF, Meadows SK, Eriksson M, Smith JM, Shen L, Wira CR, Sentman CL (2009) Unique characteristics of NK cells throughout the human female reproductive characteristic. *Clinical Immunology* 124: 69-76.
- Pettigrew JE (2006) Reduced use of growth promoters by adding antibiotics in diets fed to weaned pigs: dietary tools, part 1. *Animal Biotechnology* 17: 207-215.
- Pu X, Liang J, Shang R, Wang X, Wang Z, Hua L, Yu L (2009) Influence of *Hypericum perforatum* extract on piglet infected with porcine respiratory and reproductive syndrome virus. *Agricultural Sciences* 8: 730-739.
- Risser J, Ackerman M, Evelsizer R, Wu S, Kwon B, Hammer JM (2021) Porcine reproductive and respiratory syndrome virus genetic variability a management and diagnostic dilemma. *Virology Journal* 18: 206. DOI: 10.1186/s12985-021-01675-0.
- Renukaradhya GJ, Meng XJ, Calvert JG, Roof M, Lager KM (2015) Live porcine reproductive and respiratory syndrome virus vaccines: Current status and future direction. *Vaccine* 33: 4069-4080.
- Rooke JA, Bland IM, Edwards AS (1998) Effect of feeding tuna oil or soybean oil as supplements to sow in late pregnancy on piglet tissue composition and viability. *British Journal of Nutrition* 80(3): 273-280.

- Rooke, JA, Sinclair AG, Edwards SA, Cordoba R, Pkiyach S, Penny PC, Penny P, Finch AM, Horgan GW (2001) The effect of feeding salmon oil to sows throughout pregnancy on pre-weaning mortality of piglets. *Journal of Animal Science* 73: 489-500.
- Smits RJ, Luxford BG, Mitchell M, Nottle M (2013) Sow litter size is increased in the subsequent parity when lactating sows are fed diets containing n-3 fatty acids from fish oil. *Journal of Animal Science* 89: 2731-2738.
- Sökmen M, Serkedjieva J, Daferera D, Gulluce MM, Polissiou M, Tepe B, Akpulat HA, Sahin F, Sokmen A (2004) *In vitro* antioxidant, antimicrobial, and antiviral activities of the essential oil and various extracts from herbal parts and callus cultures of *Origanum acutidens*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52: 3309-3312.
- Stein HH, Kil DY (2006) Reduced use of antibiotic growth promoters in diets fed to weaned piglets: dietary tools, part 2. *Animal Biotechnology* 17: 217-231.
- Tanghe S, de Smet S (2013) Does sow reproduction and piglet performance benefit from the addition of n-3 polyunsaturated fatty acids to the maternal diet? *Veterinary Journal* 3: 560-569.
- Trincado C, Dee JL, Otake S, Rossow K, Pijoan C (2004) Attempts to transmit porcine reproductive and respiratory syndrome virus by aerosols under controlled field conditions. *Veterinary Record* 154: 294-297.
- Vasileios P, Georgios A, Georgios P, Eleftherios M, Nikolaos T, Dimitrios K (2022) Polychronis K. Evaluation of an on-farm method to assess colostrum IgG content in hyperprolific sows. *Animal Reproduction Science* 239: 10695. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2022.106958.
- Volman JJ, Ramakers JD, Plat J (2008) Dietary modulation of immune function by beta-glucans. *Physiology and Behavior* 94: 276-284.
- Wang JP, Yoo JS, Jang HD, Lee JH, Cho JH, Kim IH (2011) Effect of dietary fermented garlic by *Weissella koreensis* powder on growth performance, blood characteristics, and immune response of growing pigs challenged with *Escherichia coli* lipopolysaccharide. *Journal of Animal Science* 89: 2123-2131. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3186>