


Concentrado de proteína de papa: una posible alternativa al uso de antibióticos en las dietas para lechones destetados. Revisión



Erick Alejandro Parra Alarcón ^a

Teresita de Jesús Hijuitl Valeriano ^b

Gerardo Mariscal Landín ^{a,b,c}

Tércia Cesária Reis de Souza ^{a,b*}

^a Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Maestría en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal. Ciudad de México, México.

^b Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Ciencias Naturales. Maestría en Salud y Producción Animal Sustentable. Av. De las Ciencias s/n. Querétaro, Querétaro, México.

^c Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. Ajuchitlán, Querétaro, México.

* Autor de correspondencia: tercia@uaq.mx

Resumen:

El periodo del destete es crítico en la vida de los lechones y puede generar trastornos gastrointestinales y un bajo crecimiento, que son aminorados con el uso de antibióticos en los alimentos iniciadores. Sin embargo, debido a la necesidad de eliminar los antibióticos de la nutrición animal, se mencionan algunas posibles alternativas a su uso. En la presente revisión bibliográfica, se describen los péptidos antimicrobianos y compuestos inhibidores de proteasas de origen vegetal, sobre todo los provenientes de la papa, que han sido tradicionalmente reconocidos por su potencial aplicación biomédica y actividad contra bacterias patógenas y hongos. Se revisaron las características y aplicaciones del concentrado de proteína de papa (CPP) proveniente de la industria del almidón, que se distingue por su

perfil de aminoácidos y alta digestibilidad. Se destacan en el CPP moléculas que están presentes en la fracción proteica y que pueden contribuir a la salud intestinal de los lechones, por lo que se perfila como un ingrediente con potencial para ser utilizado en dietas libres de antibióticos. Sin embargo, es necesario tener más información bibliográfica sobre el CPP para verificar si la respuesta sanitaria es consistente o no, y recomendar su inclusión en las dietas iniciadoras para lechones recién destetados como una alternativa a los antibióticos.

Palabras clave: Lechones, Destete, Péptidos antimicrobianos, Inhibidores de proteasas, Papa.

Recibido: 07/04/2021

Aceptado: 26/08/2021

Introducción

El lechón recién nacido tiene una baja capacidad intestinal para digerir y absorber alimentos sólidos, sobre todo los de origen vegetal, por lo que su aparato digestivo debe madurar rápidamente para asegurar su sobrevivencia^(1,2). La nutrición enteral (calostro y leche) juega un papel fundamental en la madurez del lechón⁽¹⁾; sin embargo, la leche pronto deja de cubrir la demanda nutricional del lechón y este comienza un paulatino consumo de otros alimentos permitiendo la madurez gradual de los sistemas nervioso, inmune y digestivo. Este proceso de maduración del tracto digestivo es estimulado por la colonización de distintos géneros bacterianos^(3,4), que utilizan algunos nutrientes y producen enzimas^(2,5) y, a través de la exclusión competitiva, impiden la adhesión de patógenos⁽⁴⁾.

En condiciones naturales el destete de los lechones ocurre entre las semanas 10 a 22 de vida^(6,7). Sin embargo, bajo condiciones comerciales el destete se realiza entre los días 21 y 28 de edad, con la finalidad de permitir la máxima eficiencia productiva de la hembra; mayor cantidad de partos y lechones por cerda al año, reducir el costo de instalaciones, etc.⁽⁶⁾. El destete comercial, a diferencia del natural, no es gradual, sino un evento abrupto y repentino, que resulta sumamente estresante para el lechón aún inmaduro. Este hecho es caracterizado por la separación de la madre, el cambio ambiental y de una dieta láctea a una sólida (principalmente compuesta por ingredientes de origen vegetal). Todo esto, sumado a la presencia de nuevos patógenos propicia complicaciones neuroendocrinas, inmunológicas y digestivas^(2,7), presentando los lechones en las primeras 24 a 48 h después del destete un bajo, e incluso nulo, consumo de alimento, pérdida de peso, atrofia de la estructura intestinal y con ello de la capacidad digestiva y de absorción, así como un aumento de la incidencia de diarreas posdestete^(6,8).

La presencia de diarreas posdestete está ampliamente relacionada con el repentino cambio de dieta, así como a las infecciones gastrointestinales. Ambos factores promueven una rápida disbiosis, o sea, un desequilibrio en la composición de las poblaciones bacterianas, con un incremento de *E. coli*, que contribuye a la pérdida de la estructura intestinal⁽⁹⁾, así como a una reducción abrupta de *Lactobacillus* spp. La incidencia de estos desordenes digestivos posdestete genera grandes pérdidas económicas⁽¹⁰⁾. Para combatir estas complicaciones gastrointestinales, en los últimos años se han empleado antibióticos como promotores de crecimiento (APC) en las dietas, ya que su uso en la alimentación animal favorece la tasa de crecimiento y reduce la incidencia de enfermedades y de mortalidad^(11,12). Estas moléculas disminuyen la cantidad de patógenos y con ello se previene la atrofia de las vellosidades intestinales e hipertrofia de las criptas. Esto conlleva a un mayor y pronto consumo de alimento, adecuada capacidad digestiva y mejor eficiencia alimenticia, incrementando así la retención de nitrógeno y energía proveniente de la dieta^(13,14). Sin embargo, en los últimos años se ha cuestionado, e incluso en algunos países se ha prohibido la inclusión de los APC en las dietas animales, ya que representan un problema serio para la salud pública, por el desarrollo de resistencia bacteriana hacia los antibióticos, la cual potencialmente puede mermar el tratamiento de enfermedades en animales y posiblemente en humanos. Por lo que la búsqueda de sustitutos o alternativas a los antibióticos es de gran relevancia para la porcicultura^(15,16).

Con la creciente población humana, en los últimos años la demanda de recursos alimenticios inocuos por la industria porcina ha aumentado dramáticamente⁽¹⁷⁾. Por sus características nutricionales y posiblemente terapéuticas, el concentrado de proteína de papa (CPP), obtenido después de la extracción del almidón, parece ser una buena opción como fuente proteica. Por lo tanto, el presente trabajo tiene como objetivo revisar algunas características de este ingrediente proteico, que lo colocan como una alternativa nutricional con potencial para mejorar la salud intestinal de los lechones recién destetados.

Alternativas a los antibióticos promotores de crecimiento (APC)

La crisis de resistencia bacteriana a los antibióticos no muestra señales de solución en el corto plazo y la falta de nuevos fármacos antimicrobianos, así como las pocas empresas que invierten en esta área amenaza la capacidad para tratar y prevenir infecciones. Una razón de la escasez de nuevos antibióticos es que los puntos típicos de acción, como la síntesis de la pared celular y de proteínas, así como del ADN/ARN quizás se ha sobreexplotado. Actualmente, gracias al acceso a genomas bacterianos completos, se buscan estrategias basadas en nuevos objetivos moleculares; sin embargo, este enfoque no se ha desarrollado por completo⁽¹⁸⁾.

No obstante, la crisis generada por el uso de antibióticos en la alimentación animal, demanda medidas que contemplen un nuevo enfoque y estrategias terapéuticas distintas⁽¹⁸⁾. Existe en la literatura numerosas revisiones bibliográficas sobre las diferentes alternativas a los APC. Entre las alternativas más estudiadas destacan extractos vegetales, anticuerpos de huevo de pollo, ácidos orgánicos y enzimas⁽¹²⁾, además de aceites esenciales⁽¹⁰⁾, probióticos⁽¹⁹⁾, prebióticos⁽²⁰⁾, minerales como el cobre y zinc⁽¹¹⁾, así como el plasma animal⁽²¹⁾ y proteínas de origen vegetal como el concentrado de proteína de papa⁽²²⁾.

Dentro de las alternativas más exitosas para el control de los desórdenes digestivos posdestete, destacan las proteínas de origen animal como el plasma animal y la harina de pescado, que por su alta digestibilidad y perfil de aminoácidos favorecen el consumo de alimento y la tasa crecimiento^(23,24). Sin embargo, los ingredientes de origen animal poseen un alto costo y un inadecuado manejo durante su almacenamiento podría favorecer la transmisión de algunos patógenos. La harina de pescado es la proteína esencial en alimentos para lechones, pero la sobrepesca marina ha provocado un aumento vertiginoso de los precios reduciendo su disponibilidad.

Los resultados de la inclusión de estos ingredientes en las dietas de los lechones algunas veces pueden ser inconsistentes y difícilmente capaces de igualar el efecto de los antibióticos en términos productivos, sin embargo, se reportan beneficios a la salud intestinal que deben ser considerados, cuando se utilizan dietas libres de antibióticos. Los péptidos antimicrobianos (PAM) de origen vegetal son una alternativa a los APC que han mostrado un uso potencial⁽¹²⁾.

Péptidos antimicrobianos de origen vegetal

Los PAM son desarrollados por distintas plantas y tubérculos como mecanismo de defensa y en respuesta a las agresiones e infecciones microbianas⁽²⁵⁻²⁷⁾. Estos péptidos son expresados y almacenados en distintos tejidos vegetales⁽²⁵⁾. Los PAM son codificados por genes que tienen un amplio rango de actividad contra bacterias gram negativas, gram positivas, hongos y bacilos del género *Mycobacterium*. Se han aislado y caracterizado a partir de tejidos y organismos que representan prácticamente todos los reinos y filos⁽²⁸⁾. Estos péptidos cumplen un papel importante en los mecanismos que se encargan de eliminar o evitar el crecimiento de patógenos, tanto en el interior como en el exterior de los organismos vegetales⁽²⁹⁾. Los PAM existen en distintas formas moleculares, las más comunes son lineales aunque también hay de forma cíclica. La mayor parte de los PAM cuenta con 2 a 6 residuos de cisteína⁽²⁶⁾, que les confieren alta estabilidad térmica, enzimática y química⁽³⁰⁾. Son polipéptidos con menos de 200 aminoácidos (AA), comúnmente menores a 50 AA, de bajo peso molecular (10 kDa aproximadamente), carácter básico y generalmente son cationes a pH fisiológico por sus residuos cargados de arginina y lisina⁽²⁵⁾.

Los PAM ricos en cistina se clasifican en familias de acuerdo con su similitud de secuencia, motivos de cisteína, o sea, las combinaciones de cisteína que se acumulan en la estructura terciaria del péptido y los patrones de enlaces disulfuro. Las familias de PAM vegetales ricos en cistina incluyen tioninas, defensinas, péptidos de tipo heveína, péptidos de tipo knottin (lineales y cíclicos), proteínas de transferencia de lípidos, α -hairpininas y snakins^(25,26). Cabe aclarar que hay PAM ricos en otros aminoácidos (glicina, histidina). La capacidad de los PAM vegetales para organizarse en familias con características estructurales conservadas permite la variación de la secuencia de residuos que no son cisteína en la misma estructura dentro de una familia particular para desempeñar múltiples funciones⁽²⁶⁾.

Los PAM vegetales tienen actividad contra bacterias, hongos, virus y parásitos. Generalmente, se cree que el mecanismo de acción del PAM está relacionado con la lisis de la membrana o la penetración del péptido seguido del ataque a objetivos intracelulares. La naturaleza catiónica y capacidad anfipática de los PAM permite la interacción con la pared (aniónica) y la membrana fosfolípídica de los microorganismos^(25,26). Se han sugerido mecanismos de acción como la formación de poros y la despolarización de la membrana, la interrupción del metabolismo energético bacteriano y la interferencia con las vías biosintéticas para la actividad antimicrobiana de varios PAM que contienen puentes disulfuro⁽³¹⁾. Las características antes mencionadas los perfilan como una importante alternativa para el desarrollo de moléculas antibióticas y antiinflamatorias⁽²⁵⁾. Estas características, además de los residuos de cisteína, son clásicas de las familias de tioninas y defensinas. Otras familias de PAM como los péptidos de tipo heveína se unen a quitinas, y las proteínas de transferencia de lípidos se unen a lípidos de membranas celulares para interrumpir la penetración microbiana en las células⁽²⁶⁾.

Algunos autores^(28,32,33) sugieren que el CPP puede ser una alternativa a los alimentos medicados con antibióticos, porque mostró actividad antimicrobiana al reducir eficazmente la población de bacterias coliformes. Se sugiere⁽³³⁾ que la proteína de papa puede tener una ventaja potencial adicional sobre los antibióticos al inhibir selectivamente el crecimiento *in vitro* de bacterias patógenas (*Staphylococcus aureus*, *Salmonella gallinarum* y *E. coli*). La explicación de los efectos antimicrobianos del CPP podría estar relacionado con la acción de ciertos péptidos antimicrobianos que pueden encontrarse en la proteína del tubérculo *Solanum tuberosum*⁽³⁴⁾, ya que los péptidos con actividad antimicrobiana son producidos por la papa en su defensa contra patógenos.

Péptidos antimicrobianos de la papa

Las proteínas de la papa se dividen en tres grupos: patatina, inhibidores de proteasas (IP) y otras proteínas que también están involucradas en la defensa de la papa, pues todas tienen acciones antifúngicas o antimicrobianas⁽³⁵⁾. Los IP representan una alta proporción de la

proteína total de la papa⁽³⁶⁾, y son un grupo estructuralmente heterogéneo (Cuadro 1) con una amplia gama de actividades antifúngicas y antimicrobianas⁽³⁵⁾.

Cuadro 1: Inhibidores de proteasa de papa⁽³⁵⁾

Inhibidor de proteasa	Masa molecular (kDa)	Punto Isoeléctrico	SU	Enzima inhibida
Inhibidor de proteasa I	7.68 - 7.87	5.1–6.3–7.2–7.8	5	T, Q
Inhibidores de proteasa II	20.02 - 20.68	5.5–5.8–5.9–6.0–6.1–6.5–6.9	2	T, Q
Inhibidor de proteasa aspartato	19.87 - 22.03	6.2–7.5–8.2–8.4–8.6–8.7	1	T, Q, CD
Inhibidor de proteasa cisteína	20.1 - 22.7	5.8–6.6–6.7–7.1–8.0–8.3–>9	1	T, Q, Pap.
Inhibidor de proteasa tipo Kunitz	20.19 - 20.24	8.0–9.0	1	T, Q
Otros inhibidores de proteasa serina	21.03 - 21.80	7.5-8.8	1-2	T, Q
Inhibidor de carboxipolipeptidasa	4.20	no determinado	1	CA

SU= subunidades. T = tripsina; Q= quimotripsina; CD = catepsina D; Pap= papaína; CA= carboxipolipeptidasa A.

En el pasado los IP eran solamente considerados factores antinutricionales; sin embargo, recientemente han despertado interés por tener múltiples actividades biológicas. Los IP de papa se han estudiado por su efecto antimicrobiano, actividad anticancerígena y regulación del consumo de alimento relacionada a la modulación de la colecistoquinina mediante la inhibición de tripsina⁽³⁵⁾.

La gran estabilidad de actividad antifúngica de los IP de papa I y II a altas temperaturas, abre un nuevo mercado para los productores de almidón, por el potencial uso de estos péptidos en la industria alimentaria, farmacéutica o agrícola⁽²⁷⁾.

En algunos experimentos^(35,37), los IP de papa I y II redujeron el crecimiento de varios hongos; mientras que los miembros de la familia Kunitz (proteínas Potide-G, AFP-J, Potamin-1 y PG-2) inhibieron bacterias patógenas (*Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* y *Candida albicans*). En un estudio *in vitro*⁽³⁷⁾ el Potamin-1 inhibió el crecimiento de distintos patógenos vegetales, además, presentó actividad inhibitoria contra las enzimas tripsina, quimotripsina y papaína. El péptido Potamin-1 es

actualmente el más mencionado en la literatura para explicar el mecanismo de acción del CPP en animales⁽³⁸⁾.

Otras proteínas de la papa

Dentro del grupo denominado “otras proteínas de papa”, se incluyen péptidos ricos en cisteína como las tioninas, defensinas, lectinas y snakins⁽³⁹⁾. Las tioninas basan su actividad antimicrobiana en la interacción con la membrana fosfolipídica de los microorganismos patógenos. Las defensinas parecen actuar sobre receptores específicos de la membrana, sin embargo, la información sobre estos péptidos es limitada⁽³⁵⁾.

Los péptidos snakins son parte de un grupo independiente. Se encuentran dentro de la clasificación de otras proteínas de papa debido a su prácticamente nula similitud a cualquier otro tipo de péptido de papa^(35,40). Los Snakins participan en procesos biológicos como la división celular, la elongación y el crecimiento y señalización en la defensa de la papa. Se encuentran dos tipos de péptidos snakins [snakin-1 (SN1) y snakin-2 (SN-2)] y aunque sólo comparten 38 % de su estructura, tienen funciones similares. Ambos son péptidos ricos en residuos de cisteína con actividad reportada contra bacterias Gram negativas y positivas (*C. michiganensis*, *R. solanacearum*, *E. chrysanthemi* y *R. meliloti*), así como contra algunos hongos^(35,39). Su espectro de actividad antimicrobiana contra los patógenos bacterianos y fúngicos es bastante similar entre sí y diferente al de los péptidos de defensina de los mismos tejidos. Sin embargo, la expresión del gen SN2 es inducida en la papa por una herida local y muestra respuestas diferenciales a la infección por patógenos. Los patrones de expresión y las actividades antimicrobianas de SN2 son congruentes con su participación en las barreras de defensa constitutivas e inducibles de la papa⁽⁴¹⁾.

Concentrado de proteína de papa en la alimentación de lechones destetados

Existen cerca de 5,000 variedades de papa, originarias principalmente de los Andes, con variantes en tamaño, forma, color, textura, así como perfil nutricional. Cerca de 10 variedades son cultivadas, y la variedad más cultivada a nivel mundial es la especie *Solanum tuberosum*. China es responsable del 80 % de la producción mundial de esta variedad. La composición química de la papa es modulada por distintos factores como la zona geográfica y las prácticas de cultivo; su contenido de proteína en estado fresco varía entre el 0.49 y el 2.7 %^(42,43).

Además del consumo en forma fresca, la papa también es utilizada para la obtención de almidón, fibra y jugo. Tan solo en la Unión Europea anualmente se procesan 8 millones de toneladas de papa. El CPP es un coproducto de la industria del almidón, al recuperar la fracción líquida que queda después de su extracción⁽⁴⁴⁾. El proceso se basa en la coagulación térmica seguida de la separación de proteínas y secado^(27,45). Las proteínas de la papa se

clasifican típicamente de acuerdo con su masa molecular y separación electroforética en tres grandes grupos: patatinas, inhibidores de proteasas y otras proteínas⁽³⁵⁾. Las patatinas representan cerca de la mitad de las proteínas de papa y son glicoproteínas con pesos moleculares de 39 a 43 kDa, con actividades enzimáticas (hidrolasas, fosfolipasas y glucanasas)⁽³⁵⁾.

La papa presenta algunos factores antinutricionales como los glicoalcaloides de las solaninas (927 – 2,632 mg/kg), y los inhibidores de tripsina (0.97 - 3.70 mg/kg), donde la concentración puede ser variable de acuerdo con las condiciones del procesamiento⁽⁴⁴⁾. El procesamiento térmico (100°/15 min) antes del secado es capaz de inactivar hasta el 48% de los inhibidores de proteasas y hasta el 89 % de los glicoalcaloides⁽⁴⁶⁾.

El CPP es un ingrediente que contiene cantidades adecuadas de aminoácidos esenciales, los cuales pueden remplazar la proteína de origen animal en dietas de lechones⁽⁴⁷⁾, ya que se ha caracterizado por tener un perfil de aminoácidos muy balanceado y es especialmente rica en lisina, metionina, treonina, triptófano y valina. En lechones que recibieron una dieta con CPP con el mismo nivel de inclusión que la harina de pescado se observó⁽⁴⁸⁾ una mejora en la velocidad de crecimiento de los lechones, lo que puede atribuirse a la calidad de su perfil de aminoácidos. Así, el valor nutricional del CPP está relacionado con la concentración y disponibilidad de aminoácidos ya que tiene un perfil similar al de la soya⁽⁴⁹⁾ y algunas proteínas animales⁽⁵⁰⁾. La proporción de ocho aminoácidos esenciales (treonina, valina, metionina, isoleucina, leucina, fenilalanina, lisina y triptófano) corresponde al 40.7 % de la proteína del CPP⁽⁴²⁾. El perfil de aminoácidos de la proteína de papa completa o excede el perfil de proteína ideal, a excepción del triptófano y la lisina con el 64.5 y 89.75 % del requerimiento, respectivamente.

En los años 2008 y 2009 se publicaron tres artículos^(28,32,33) en los cuales se utilizó un refinado de proteína de papa (RPP o PP) purificado a nivel de laboratorio a partir de una variedad especial de papa (*Solanum tuberosum* L. cv. Golden valley). Esta fracción proteínica presentó un efecto inhibitorio del crecimiento de bacterias patógenas *in vitro*, por lo que investigaron la incorporación de RPP o PP en diferentes niveles en la dieta de lechones recién destetados y compararon con una dieta testigo con antibióticos. Los resultados variaron entre los estudios realizados, y se observó una ventaja de la utilización de la dieta con antibióticos en los tres trabajos.

Cuando los autores⁽³³⁾ utilizaron dietas con 0, 200, 400 y 600 ppm de RPP, se reportó que el aumento de los niveles de inclusión en las dietas mejoró linealmente el rendimiento productivo y redujo la poblaciones de bacterias totales, coliformes y *Staphylococcus* spp en el contenido del colon y recto y en heces. La digestibilidad fecal aparente de la materia seca y proteína cruda, así como digestibilidad ileal aparente de aminoácidos no difirieron entre los cerdos alimentados con la dieta testigo (0 ppm) con antibióticos y las dietas con RPP⁽³³⁾.

Con niveles más altos de inclusión (0.0, 2.5, 5.00 y 7.50 g PP/kg de dieta), investigadores⁽²⁸⁾ también observaron una mejora lineal en la eficiencia alimenticia durante los 28 días experimentales y un incremento en la digestibilidad fecal aparente de la materia seca en la fase II (0 a 14 días posdestete) con el aumento del nivel de inclusión de PP. También se observó una disminución lineal en las bacterias fecales en los días 21 y 28 con el aumento del nivel de inclusión de PP. Los lechones que consumieron las dietas con PP tuvieron una reducción lineal de bacterias totales, coliformes y *Staphylococcus* spp. en ciego y recto. La digestibilidad ileal aparente de los aminoácidos y la morfología de las vellosidades y criptas intestinales no se afectaron por el consumo de las dietas experimentales⁽²⁸⁾.

En otro estudio⁽³²⁾ con lechones alimentados con dietas con 0.0, 0.25, 0.50 o 0.75 % de proteína de papa (PP) durante la fase I (0 a 14 días posdestete) y fase II (14 a 28 días posdestete) los autores observaron que los niveles crecientes de PP mejoraron linealmente la ganancia diaria de peso, el consumo diario de alimento y la eficiencia alimenticia en ambas fases (I y II); además de incrementar la digestibilidad de la materia seca en la fase II. El consumo de las dietas con niveles crecientes de PP redujo linealmente las poblaciones bacterianas en heces y contenido de ciego, colon y recto. La altura de las vellosidades y la profundidad de las criptas intestinales no varió con el aumento del nivel de PP en la dieta. Estos tres trabajos^(28,32,33) abrieron un área de oportunidad para la utilización del concentrado de proteína de papa generado en la industria del almidón en la alimentación animal.

La utilización del CPP de origen comercial⁽²²⁾ en cerdos en crecimiento (25 kg de peso vivo) mostró una alta digestibilidad ileal del nitrógeno tanto estandarizada (93.0 %) como aparente (85.8 %). La digestibilidad ileal aparente y de la mayoría de los AA fue similar a la digestibilidad del concentrado y el aislado de proteína de soya, destacando en el CPP la mayor digestibilidad ileal estandarizada y aparente de la leucina (96.3 y 94.7 %, respectivamente) y de la treonina (94.7 y 86.9 %, respectivamente)⁽²²⁾.

En otro trabajo⁽⁴⁷⁾ con cerdos en crecimiento (21 kg de peso vivo), la inclusión en la dieta de 17.5 % de CPP con una baja concentración de glicoalcaloides y baja actividad inhibidora de la tripsina no afectó la ganancia diaria de peso, el consumo diario de alimento ni el peso relativo de estómago, duodeno y yeyuno, así como otros aspectos de la morfología intestinal. La digestibilidad de la proteína fue menor en los cerdos alimentados con la dieta con CPP que con la dieta con caseína, sin embargo, la digestibilidad ileal aparente de la grasa fue mejor en los lechones de CPP. Los autores concluyen que la dieta con un alto nivel de CPP fue bien utilizada por los cerdos en crecimiento⁽⁴⁷⁾.

Los buenos resultados al consumo de CPP observados en cerdos en crecimiento, probablemente están relacionados con sus características nutricionales; sin embargo, debido a las propiedades antimicrobianas reportadas, el uso del CPP es más recomendable para su inclusión en dietas para lechones recién destetados.

En 2005, ya se había observado⁽⁴⁸⁾ que lechones alimentados con dietas con 6% de CPP tuvieron una mayor ganancia diaria de peso de los primeros 1-21 y 21-50 días posdestete que lechones alimentados con dietas en las que incluyeron harinas de pescado, de girasol y de gluten en cantidades similares. La mortalidad en el periodo fue baja (cerca del 4 %) y la severidad de diarreas fue ligera (1.6 puntos) en todos los lechones⁽⁴⁸⁾.

Algunos autores⁽⁵¹⁾ utilizando CPP con un bajo nivel de glicoalcaloides (CPPBG) en dietas de cerdos recién destetados no encontraron diferencias en el comportamiento productivo respecto a dietas con plasma animal. Los autores observaron en lechones destetados, una respuesta cuadrática en la ganancia de peso y consumo de alimento, al utilizar niveles de inclusión crecientes de CPPBG, remplazando el 25, 50, 75 y 100 % de plasma animal de la dieta. La eficiencia alimenticia mejoró linealmente con la inclusión de CPPBG. Se concluyó que el CPPBG puede ser un sustituto eficaz de una parte del plasma porcino en las dietas para lechones destetados⁽⁵¹⁾.

Durante la primera semana posdestete⁽⁵²⁾ se observó que la ganancia diaria de peso y la eficiencia alimenticia tampoco fueron diferentes entre lechones que consumieron en sus dietas plasma porcino deshidratado o CPP. Durante la segunda semana posdestete y en el período experimental total el consumo diario de alimento fue similar entre todos los animales. La digestibilidad ileal aparente de la proteína cruda fue mayor en lechones alimentados con antibiótico y con CPP. La digestibilidad total aparente de la materia seca y de la energía fue más alta para los lechones alimentados con CPP que con las otras dietas. El índice de severidad de diarreas en los lechones alimentados con la dieta CPP fue similar entre los lechones alimentados con la dieta testigo con antibiótico⁽⁵²⁾. Estos resultados demuestran un uso potencial del CPP para lechones recién destetados.

Conclusiones

En los últimos años se ha incrementado la busca de alternativas al uso de antibióticos en los alimentos como promotores de crecimiento y de salud intestinal en lechones recién destetados. La papa es un alimento rico en péptidos antimicrobianos (PAM) y otras proteínas que están involucradas en su sistema de defensa, los cuales ya fueron purificados a nivel de laboratorio. La industria de extracción de almidones a partir de la papa genera una gran cantidad de un concentrado proteínico, que probablemente conserva estos PAM. En este contexto, el concentrado de proteína de papa, podría ejercer un efecto positivo sobre el desarrollo productivo del cerdo por su valor nutricional, además de los posibles beneficios de sus PAM sobre la salud intestinal. Sin embargo, para que sea considerado como una alternativa al uso de antibióticos en las dietas iniciadoras, es necesario contar con más evidencias bibliográficas sobre la presencia de estos péptidos en los productos comerciales a

base de concentrado de proteína de papa disponibles en el mercado, y si sus efectos benéficos persisten a nivel gastrointestinal disminuyendo las diarreas posdestete.

Literatura citada:

1. Buddington RK, Sangild PT, Hance B, Huang EY, Black DD. Prenatal gastrointestinal development in the pig and responses after preterm birth. *J Anim Sci* 2012;90(suppl 4):290-298.
2. Pohl CS, Medland JE, Moeser AJ. Early-life stress origins of gastrointestinal disease: animal models, intestinal pathophysiology, and translational implications. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol* 2015;309(12):927- 941.
3. Maradiaga N, Zeineldin M, Aldridge B, Lowe J. Influence of maternal microbial communities on the mucosal microbiome of neonatal pigs. *AASV* 2014;2014(1):1–39.
4. Mach N, Berri M, Estellé J, Levenez F, Lemonnier CD, Leplant CC, *et al.* Early life establishment of the swine gut microbiome and impact on host phenotypes. *Environ Microbiol Rep* 2015;7(3):554-569.
5. McCormack UM, Curião T, Buzoianu SG, Prieto ML, Ryan T, Varley P, *et al.* Exploring a possible link between the intestinal microbiota and feed efficiency in pigs. *Appl Environ Microbiol* 2017;83(15):1–16.
6. Insuasti ASG, Collazos DV, Argote F. Efecto de la dieta y edad del destete sobre la fisiología digestiva del lechón. *Rev Fac Cienc Agrar* 2008;6(1):32-41.
7. Moeser AJ, Pohl SC, Rajput M. Weaning stress and gastrointestinal barrier development: implications for lifelong gut health in pigs. *Anim Nutr* 2017;3(4):313-321.
8. Campbell JM, Crenshaw DJ, Polo J. The biological stress of early weaned piglets. *J Anim Sci Biotechnol* 2013;4(1):1-4.
9. Rhouma M, Fairbrother JM, Beaudry F, Letellier A. Post weaning diarrhea in pigs: risk factors and non-colistin-based control strategies. *Acta Vet Scand* 2017;59(1):2-19.
10. Gresse R, Chaucheyras-Durand F, Fleury MA, Van de Wiele T, Forano E, Blanquet-Diot S. Gut Microbiota Dysbiosis in Postweaning Piglets: Understanding the Keys to Health. *Trends Microbiol* 2017;25(10):851-873.
11. Puskle J. Feed- and feed additives-related aspects of gut health and development in weanling pigs. *J Anim Sci Biotechnol* 2013;4(1):2-7.
12. Thacker PA. Alternatives to antibiotics as growth promoters for use in swine production: a review. *J Anim Sci Biotechnol* 2013;4(35):1–12.

13. Wu S, Zhang F, Huang Z, Liu H, Xie C, Zhang J, *et al.* Effects of the antimicrobial peptide cecropin AD on performance and intestinal health in weaned piglets challenged with *Escherichia coli*. *Peptides* 2012;35(2):225–230.
14. Kiarie E, Voth C, Wey D, Zhu C, Vingerhoeds P, Borucki S, *et al.* Comparative efficacy of antibiotic growth promoter and benzoic acid on growth performance, nutrient utilization and indices of gut health in nursery pigs fed corn-wheat-soybean meal diet. *Can J Anim Sci* 2018;98 (4):868–874.
15. Levy SB, Marshall B. Antibacterial resistance worldwide: causes, challenges and responses. *Nat Med* 2004;10(12):122-129.
16. Zhao J, Harper AF, Estienne MJ, Webb JKE, McElroy AP, Denbow DM. Growth performance and intestinal morphology responses in early weaned pigs to supplementation of antibiotic-free diets with an organic copper complex and spray-dried plasma protein in sanitary and nonsanitary environments. *J Anim Sci* 2007;85(5):1032-1310.
17. Yu M, Li Z, Chen W, Wang G, Rong T, Liu Z, *et al.* *Hermetia illucens* larvae as a fishmeal replacement alters intestinal specific bacterial populations and immune homeostasis in weanling piglets. *J Anim Sci* 2020;98(3):1–13.
18. Culp E, Wright G. Bacterial proteases, untapped antimicrobial drug targets. *J Antibiot* 2017;17(4):366–377.
19. Vondruskova H, Slamova R, Trckova M, Zraly Z, Pavlik I. Alternatives to antibiotic growth promoters in prevention of diarrhoea in weaned piglets: a review. *Vet Med* 2010;55(5):199–224.
20. Oliveira ER, Silva CA, Da Castro-Gómez RJH, Lozano AP, Gavioli DF, Fietzen J, *et al.* Chito-oligosaccharide as growth promoter replacement for weaned piglets: performance, morphometry, and immune system. *Semin Cienc Agrar* 2017;38(5):3253-3269.
21. Crenshaw JD, Campbell JM, Polo J, Stein HH. Effects of specialty proteins as alternatives to bovine or porcine spray-dried plasma in non-medicated diets fed to weaned pigs housed in an unsanitary environment. *Transl Anim Sci* 2017;1(3):333–342.
22. Cotten B, Ragland D, Thomson JE, Adeola O. Amino acid digestibility of plant protein feed ingredients for growing pigs. *J Anim Sci* 2016;94(3):1073-1082.
23. Torrallardona D. Spray dried animal plasma as an alternative to antibiotics in weanling pigs. A review. *Asian-Aust J Anim Sci* 2010;23(1):131-148.

24. Pérez-Bosque A, Polo J, Torrallardona D. Spray dried plasma as an alternative to antibiotics in piglet feeds, mode of action and biosafety. *Porc Health Manag* 2016;2(1):1-10.
25. Benko-Iseppon M, Galdino SL, Calsa T Jr, Kido A, Tossi A, Belarmino C, Crovella S. Overview on plant antimicrobial peptides. *Curr Protein Pept Sci* 2010;11(3):181-188.
26. Tam, P, Wang S, Wong H, Tan L. Antimicrobial Peptides from Plants. *Pharmaceuticals* 2015;8(4):711–757.
27. Bártová V, Bárta J, Vlačihová A, Šedo O, Zdráhal Z, Konečná H, *et al.* Proteomic characterization and antifungal activity of potato tuber proteins isolated from starch production waste under different temperature regimes. *Appl Microbiol Biotechnol* 2018;102(24):10551-10560.
28. Jin Z, Yang YX, Choi JY, Shinde PL, Yoon SY, Hahn TW, Lim HT *et al.* Effects of potato (*Solanum tuberosum* L. cv. Golden valley) protein having antimicrobial activity on the growth performance, and intestinal microflora and morphology in weanling pigs. *Anim Feed Sci Technol* 2008;140(1):139–154.
29. Islas–Flores I, Minero–García Y, James AC. Proteínas contra las infecciones de las plantas. *Ciencia* 2005;3(1):64-74.
30. Contreras P, Díaz C, Taron D. Ciclotidos, proteínas circulares producidas por plantas con potencial farmacológico. *Rev Cubana Farm* 2015;49(2):84-93.
31. Marshall SH, Arenas G. Antimicrobial peptides: A natural alternative to chemical antibiotics and a potential for applied biotechnology. *Elect J Biotechnol* 2003;6(3):271-284.
32. Jin Z, Yang YX, Choi JY, Shinde PL, Yoon SY, Hahn TW, Lim HT, *et al.* Potato (*Solanum tuberosum* L. cv. Gogu valley) protein as a novel antimicrobial agent in weanling pigs. *J Anim Sci* 2008;86(7):1562-1572.
33. Jin Z, Shinde PL, Yang YX, Choi JY, Yoon SY, Hahn TW, *et al.* Use of refined potato (*Solanum tuberosum* L. cv. Gogu valley) protein as an alternative to antibiotics in weanling pigs. *Livest Sci* 2009;124(1-3):26–32.
34. Waglay A, Karboune S, Alli I. Potato protein isolates: Recovery and characterization of their properties. *Food Chem* 2014;142(1):373–382.
35. Bártová V, Bárta J, Jarošová M. Antifungal and antimicrobial proteins and peptides of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers and their applications. *Appl Microbiol Biotechnol* 2019;103(14):5533–5547.

36. Waglay A, Karboune S. Potato Proteins Functional Food Ingredients. In: Jaspreet Singh, Lovedeep Kaur editors. *Advances in Potato Chemistry and Technology*. 2 ed. Academic Press, London, UK: Elsevier Books; 2016:75–104.
37. Kim JY, Park SC, Kim MH, Lim HT, Park Y, Hahm KS. Antimicrobial activity studies on a trypsin–chymotrypsin protease inhibitor obtained from potato. *Biochem Biophys Res Commun* 2005;330(3): 921– 927.
38. Cisneros JS, Cotabarren J, Parisi MG, Vasconcelos MW, Obregón WD. Purification and characterization of a novel trypsin inhibitor from *Solanum tuberosum* subsp. *andigenum* var. overa: Study of the expression levels and preliminary evaluation of its antimicrobial activity. *Int J Biol Macromol* 2020;158(1):1279-1287.
39. Kovalskaya N, Hammond RW. Expression and functional characterization of the plant antimicrobial snakin-1 and defensin recombinant proteins. *Protein Expr Purif* 2009;63(1):12–17.
40. Segura A, Moreno M, Madueño F, Molina A, García-Olmedo F. Snakin-1, a peptide from potato that is active against plant pathogens. *Mol Plant Microbe Interact* 1999;12(1):16-23.
41. Berrocal-Lobo M, Segura A, Moreno M, López G, Garcia-Olmedo F, Molina A. Snakin-2, an antimicrobial peptide from potato whose gene is locally induced by wounding and responds to pathogen infection. *Plant Physiol* 2002;128(3):951-961.
42. Mu TH, Tan SS, Xue YL. The amino acid composition, solubility and emulsifying properties of sweet potato protein. *Food Chem* 2009;112(4):1002–1005.
43. Wijesinha-Bettoni R, Mouillé B. The contribution of potatoes to global food security, nutrition and healthy diets. *Am J Potato Res* 2019;96(2):139–149.
44. Taciak M, Tuśnio A, Pastuszewska B. The effects of feeding diets containing potato protein concentrate on reproductive performance of rats and quality of the offspring. *J Anim Physiol Anim Nutr* 2011;95(5):556-563.
45. Pastuszewska B, Tuśnio A, Taciak M, Mazurczyk W. Variability in the composition of potato protein concentrate produced in different starch factories—A preliminary survey. *Anim Feed Sci Tech* 2009;154(3-4):260–264.
46. Wojnowska I, Poznanski S y Bednarski W. Processing of potato protein concentrates and their properties. *J Food Sci* 1982;47(1):167-172.
47. Tuśnio A, Pastuszewska B, Świąch, Taciak M. Response of young pigs to feeding potato protein and potato fibre - nutritional, physiological and biochemical parameters. *J Anim Feed Sci* 2011;20(3):361–378.

48. Sardi L, Paganelli R, Parisini P, Simioli M, Martelli G. The replacement of fishmeal by plant proteins in piglet production. *Ital J Anim Sci* 2005;4(suppl. 2):449-451.
49. Froidmont E, Wathelet B, Oger R, Romnée JM, Colinet A, Cloet D, *et al.* Nutritional properties of potato protein concentrate compared with soybean meal as the main protein source in feed for the double-muscled Belgian Blue bull. *Animal* 2008;3(2):200-208.
50. Refstie S, Tiekstra HA. Potato protein concentrate with low content of solanidine glycoalkaloids in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 2003;216(1-4):283-298.
51. Kerr CA, Goodband RD, Smith JW, Musser RE, Bergström JR, Nessmith Jr WB, *et al.* Evaluation of potato proteins on the growth performance of early-weaned pigs. *J Anim Sci* 1998;76(12):3024-3033.
52. Reis de Souza TC, Aguilera AB, Rubio SR, Machado WG, Escobar KG, Gómez JGG, *et al.* Growth performance, diarrhoea incidence, and nutrient digestibility in weaned piglets fed an antibiotic-free diet with dehydrated porcine plasma or potato protein concentrate. *Ann Anim Sci* 2019;19(1):59-172.