

El plasma animal *spray dried* y sus aplicaciones en la alimentación de mascotas, cerdos, pollos, acuicultura y terneros.

Rangel, L.F.S., MV, MSc; Russell L., PhD; Crenshaw, J., PhD; Campbell, J.M., PhD; Polo, J., PhD

Introducción

Las proteínas de plasma animal secadas por spray (SDP) son una mezcla diversa de componentes funcionales que consisten en inmunoglobulinas, albúmina, fibrinógeno, lípidos, factores de crecimiento, péptidos biológicamente activos (defensinas, transferrinas), enzimas y otros factores que tienen actividad biológica independiente de su valor nutricional. Las proteínas del plasma han sido utilizadas extensamente en la alimentación de cerdos para aumentar el consumo, crecimiento y eficiencia alimenticia durante etapas posteriores al destete. Los efectos beneficiosos del plasma porcino son más notorios, bajo condiciones de producción, con mayor exposición a patógenos que en condiciones de baja incidencia de patógenos. Numerosos estudios implicando desafíos con bacterias patogénicas, virus o protozoos han demostrado una reducción de la mortalidad y morbilidad al alimentar con plasma animal (bovino o porcino) a diferentes especies animales (cerdos, becerros, terneros, aves de corral, truchas y camarones).

Los estudios del modo de acción sugieren que el consumo de las proteínas del plasma reduce la sobre-estimulación del sistema inmune y con ello la energía de la dieta puede ser mejor utilizada para el crecimiento del animal. El propósito de esta revisión es el de discutir el impacto de las proteínas del plasma en la modulación de la respuesta inmune inflamatoria y cómo las proteínas del plasma pueden ser utilizadas en aplicaciones económicamente interesantes en la alimentación de mascotas, cerdos, pollos, peces y terneros.

Proceso de Producción del Plasma Secado con *Spray* (SDP)

En la fabricación tradicional de harina de sangre, las proteínas de la sangre son calentadas a elevadas temperaturas. Ese procedimiento destruye las proteínas y péptidos funcionales. El sistema de atomización ó *spray-drying*, por otro lado, conserva las características funcionales de las proteínas. En el proceso de *spray-drying*, la sangre es recogida en canaletas, tanques y otros equipos de acero inoxidable y se le añade anticoagulantes. Únicamente se recoge la sangre de mataderos con autorización gubernamental y de animales que han sido clasificados como aptos para el consumo humano, mediante inspección veterinaria oficial. La sangre es conducida a depósitos de acero inoxidable, y en seguida es centrifugada para separar el plasma de la fracción celular (células rojas), y posteriormente es enfriada entre 4 y 5°C. El plasma ya frío, es transportado a las fábricas mediante camiones cisternas de uso exclusivo para la sangre. En la fábrica, se realiza el proceso de *spray-drying* tras un proceso previo de concentración mediante membranas de filtración. El plasma producido, tiene aspecto de polvo fluido, de coloración beige, que puede ser utilizado en la alimentación animal (Russell, 2001).

Mecanismos del Plasma

Dos revisiones bibliográficas independientes indicaron un promedio de 25, 21, y 4% de mejora en el promedio diario de ganancia, consumo de alimento, y eficiencia de transformación respectivamente, en cerdos destetados alimentados con dietas iso-nutricionales conteniendo proteínas de plasma, comparados con otras fuentes de proteína de alta calidad derivada de soja, leche o pescado (Coffey y Cromwell, 2001; van Dijk y col., 2001). Otros estudios reportaron que ambas, palatabilidad y consumo de alimento, habían mejorado cuando los cerdos eran alimentados con dietas conteniendo SDP, comparado con leche descremada deshidratada, sugiriendo que el SDP debido a su palatabilidad mejoraba el consumo de alimento y el crecimiento (Ermer y col., 1994). También se observó que los cerdos destetados alimentados con dietas con SDP, cuando eran alimentados con la misma cantidad de pienso que los cerdos control, habían mejorado la eficacia del uso de la proteína de la dieta con menos catabolismo de aminoácidos intestinales y reduciendo la urea en plasma y concentración de N (Jiang y col., 2000a, 2000b). Sin embargo, las diferencias respecto a la mejora del crecimiento y consumo de alimento en cerdos destetados cuando consumen SDP no se pueden explicar simplemente por el aumento del consumo de nutrientes.

Los efectos benéficos del plasma en crecimiento y consumo de alimento eran mejores en cerdos bajo condiciones ambientales con altas exposiciones a patógenos (Stahly y col., 1994; Coffey y Cromwell, 1995). Observaciones similares han sido reportadas en pollos de engorde (Campbell y col., 2003) y pavos (Campbell y col., 2004a). Numerosos estudios (Tabla 1), incluyendo desafíos o infecciones naturales con bacterias patógenas, virus, o protozoos han reportado una disminución en mortalidad y mejoras en salud o estatus inmune en varias especies animales (cerdos, becerros, terneros, aves de corral y camarones) alimentados con proteínas de plasma (plasma bovino o porcino). Otras investigaciones sugieren que el consumo oral de SDP modula la respuesta inflamatoria. La expresión de citoquinas pro-inflamatorias (TNF- α , IL-1 β , y IL-6) se redujo en numerosos tejidos (hipotálamo, pituitaria, adrenal, bazo, timo e hígado) de cerdos alimentados con SDP después de desafíos con lipopolisacáridos (Touchette y col., 2002). Al alimentar con SDP a cerdos desafiados con enterotoxinas de *E. coli* K88, se redujo la inflamación, indicando mejoras en el crecimiento, redujo también la secreción de IgA en saliva, disminuyendo el daño en la mucosa intestinal, y reduciendo la expresión pro-inflamatoria de citoquinas en el intestino (Bosi y col., 2004). El uso del SDP en cerdos destetados sin desafío redujo la inflamación, indicando así una reducción en los linfocitos intraepiteliales y la densidad de las células de la lámina propia en el intestino grueso (Nofrarías y col., 2006). Estos resultados fueron similares a los descritos en estudios anteriores (Bosi y col., 2004; Touchette y col., 2002) reportando una menor activación del sistema inmune en cerdos desafiados y alimentados con plasma. La supervivencia de pavos suplementados con SDP en el agua de bebida, mejoraba (94.1 vs. 63.2%) cuando los pavos eran desafiados con *Pasteurella multocida* (enfermedad respiratoria) sugiriendo que el SDP puede también influenciar y mejorar la eficacia del sistema inmunitario (Campbell y col., 2004b). Colectivamente, estos resultados sugieren que las proteínas de plasma secadas con spray reducen la adhesión y replicación de patógenos, facilitando la reparación de tejido, y reduciendo la respuesta inflamatoria tanto a nivel sistémico como local.

Tabla 1. Resumen de resultados de animales desafiados e alimentados con proteínas de plasma aomizado.

Animal	Patógeno	Resultados	Autores	Año
Cerdos	<i>E. coli</i>	↓ recuento en las heces	Deprez y col.	1996
Cerdos	<i>E. coli</i>	↓ diarrea	Borg y col.	1999
Cerdos	Salmonella	↓ diarrea	Borg y col.	1999
Cerdos	<i>E. coli</i>	↓ diarrea	Nollet y col.	1999 ^a
Cerdos	<i>E. coli</i>	↑ GPD, ↓ mortalidad	Bosi y col.	2001
Cerdos	<i>E. coli</i>	↑ GPD	Campbell y col.	2001
Cerdos	LPS endotoxin	↓ expresión de ARNm de citoquinas	Touchette y col.	2002
Cerdos	<i>E. coli</i>	↑ GPD, ↓ diarrea	Van Dijk y col.	2002
Cerdos	<i>E. coli</i>	↑ GPD, ↑ <i>Lactobacillus</i>	Torrallardona y col	2003
Cerdos	<i>E. coli</i>	↑ GPD, ↓ IgA en la saliva	Bosi y col.	2004
Cerdos	Rotavirus	↓ diarrea	Corl y col.	2007
Cerdos	PCVAD	↑ supervivencia	Messier y col.	2007
Cerdos	PCVAD	↑ GPD, ↓ síntomas clínicos	Morés y col.	2007
Terneros	<i>E. coli</i>	↑ supervivencia, ↑ GPD, ↓ diarrea	Nollet y col.	1999b
Terneros	<i>E. coli</i>	↑ supervivencia I, ↑ GPD, ↓ diarrea	Quigley y Drew	2000
Terneros	Coronavirus	↑ recuento	Arthington y col.	2002
Terneros	<i>Crypto. Parvum</i>	↓ diarrea, ↓ recuento en las heces	Hunt y col.	2002
Turchas	<i>Yersinia ruckeri</i>	↑ supervivencia, ↑ GPD	Aljaro y col.	1998
Camarones	Virus le la mancha blanca	↑ supervivencia I, ↑ GPD	Russell y Campbell	2000
Pavos	<i>Pasteurella multocida</i>	↑ supervivencia I, ↑ GPD	Campbell y col.	2004b

GPD = Ganancia Promedio Diaria

Impacto de las Proteínas de Plasma en Inflamación Intestinal y Función de la Barrera Intestinal

La inflamación intestinal provoca edema, infiltración de leucocitos, vasodilatación, baja absorción de nutrientes, aumenta la permeabilidad epitelial debido a una alteración en la función de la barrera, y activación del sistema inmunitario. Una serie de experimentos (Pérez-Bosque y col., 2004, 2006, 2007, 2008 y Garriga y col., 2005) han evaluado el impacto de dietas suplementadas con proteínas de plasma alimentando ratas con inflamación intestinal inducida que afectaba la función de barrera y activación del sistema inmune. En cada uno de los experimentos, las ratas fueron alimentadas con tratamientos dietarios empezando a los 21 días de edad (día de destete), y consumieron las dietas experimentales hasta que fueron desafiadas a los días 30 y 33 de edad con una inyección intraperitoneal de enterotoxina B (SEB) de *Staphylococcus aureus*, la cual es un potente activador del sistema inmune (McKay, 2001). La inyección intraperitoneal de SEB esquivó el potencial para la neutralización de SEB por anticuerpos de la ingesta de proteínas de plasma en la dieta en el lumen del intestino. Los grupos de tratamientos utilizados en todos los experimentos fueron: 1) Grupo control positivo [sin SEB y una dieta control sin proteínas de plasma]; 2) Grupo control negativo [con SEB, y dieta control]; y 3) grupo de proteína de plasma [con SEB, dieta con 8% de SDP]; Las proteínas de plasma reemplazaron parcialmente la leche descremada que era utilizada en la dieta control. Un resumen de los efectos moduladores de las proteínas del plasma de la dieta sobre varios índices de activación inmune y función de la barrera se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2 - Resumen de los índices de activación inmune y de función de barrera intestinal modulados por las proteínas del plasma

Índices	SEB vs. control positivo ²	SEB vs. plasma ²	Referencia, año ³
Ganancia de peso y consumo de alimento	0	0	2004
Humedad de las heces	↑	↓	2004
GALT ⁴ Organizado (placas de Peyer)			
Linfocitos T-γδ, %	↑	↓	2004
Células citotóxicas, %	↑	↓	2004
GALT ⁴ Difuso (lamina propia)			
T-γδ, CD25+, células/mm ²	↑	↓	2008
Células CD3+, CD4+ e CD8+/mm ²	↑	↓	2008
Citoquinas de mucosa			
Pró-inflamatorias (IL-6, IFN-γ, TNF-α)	↑	↓	2007
Anti-inflamatorias (IL-10)	0	↑	2007
Transporte y absorción de glucosa			
Expresión de SGLT1 ⁵	↓	↑	2005
Absorción de glucosa, V _{max}	↓	↑	2005

Función de barrera – proteínas estructurales			
Intensidad de fluorescencia unión firme (ZO-1)	↓	↑	2006
Fluorescencia unión adherente (β -catenina)	↓	↑	2006
Función de barrera y permeabilidad			
Flujo dextrano (4 kD), pmol/cm ² h	↑	↓	2006
Flujo HRP (40 kD), pmol/cm ² h	↑	↓	2006

¹ Respuesta relativa de los índices por comparación de tratamientos al desafío con la entero toxina B de *S. aureus* (SEB); 0: sin cambio, ↑: aumento de la respuesta, ↓: reducción de la respuesta.

² Grupos de comparación de tratamientos: grupo control positivo - ratas que no recibieran SEB, alimentados con dieta control; grupo control negativo que recibió SEB y fue alimentado con la dieta control, sin proteínas del plasma; y grupo plasma, que recibió SEB y la dieta con proteínas del plasma.

³ Resultados parciales de los datos relatados por año de referencias de las publicaciones de Pérez-Bosque y col., 2004, 2006, 2008a, 2008b y Garriga y col., 2005.

⁴ GALT: poblaciones del tejido linfoide asociado al intestino.

⁵ SGLT1: transportador intestinal 1 de sodio-glucosa.

Proteínas de Plasma Secadas con *Spray* y Funciones Productivas del Cerdo

La prolongada activación del sistema inmune puede afectar negativamente parámetros de importancia económica como el crecimiento, deposición de tejido magro, reproducción y lactancia. La activación inmunológica puede ocurrir en diferentes etapas del ciclo vital cuando los animales experimentan estrés antigénico, psicológico o ambiental. El estrés por calor es uno de los tipos de estrés ambiental el cual afecta a la función de la barrera intestinal que resulta en la pérdida de líquidos a nivel intestinal y aumento en endotoxinas en el suero (Lambert, 2004). Cuando la función de la barrera intestinal se encuentra comprometida, el sistema inmune es activado resultando en una disminución de la función intestinal (i.e., absorción de nutrientes) la cual finalmente impacta en funciones productivas. Dependiendo del grado de activación inmune y/o estrés, los animales pueden experimentar reducción en el crecimiento (Johnson, 1997; Spurlock, 1997), en la producción de leche (O'Brian y col., 2007), o abortos (Erlebacher y col., 2004).

La suplementación de dietas con SDP para reducir los efectos perniciosos de varios factores de estrés han sido evaluados en lechones, cerdos en crecimiento y engorde y cerdas reproductoras. Cerdos en etapas de engorde (50kg) con úlceras gástricas activas fueron suplementados con proteínas de plasma en agua de bebida y el consumo de alimentos se reanudó casi de inmediato (Crenshaw y col., 2003). Exámenes post-mortem al cabo de 7 a 14 días de estos cerdos revelaron recuperación rápida de las úlceras, en comparación con los cerdos que no fueron suplementados con proteínas de plasma en el agua. También cuando la enfermedad asociada al circovirus porcino (PCVAD) se convirtió en epidemia en las Américas, múltiples opciones fueron utilizadas para combatir esta devastadora y compleja enfermedad multi-sistémica. La activación del sistema inmune aumentó la mortalidad y morbilidad en cerdos con PCVAD. El desarrollo de úlceras gástricas fue frecuentemente encontrado en cerdos afectados con PCVAD. Las proteínas de plasma incrementaron el consumo de alimento, reduciendo la severidad de las úlceras, y modulando la activación de la respuesta inmune. La suplementación de proteína de plasma en las dietas, junto con

cambios en el manejo de los animales, han sido utilizadas con éxito para minimizar los efectos del PCVAD en las granjas de cerdos.

Morés y col. (2007) observaron que la alimentación con SDP a lechones y cerdos en crecimiento reducía la severidad del PCVAD. El experimento se llevó a cabo en una granja brasileña con historial de padecer síntomas clínicos de PCVAD en lechones de sala maternidad a pre-engorde (de 5 a 10 semanas de edad). El plasma fue utilizado en dietas de lechones destetados (25 días de edad) hasta dos semanas después de moverlos a criaderos (66 días de edad). Los niveles de SDP fueron de 6, 3, 1.5 y 1% en las dietas de destete y hasta dos semanas después de ser movidos a criaderos, respectivamente. Los cerdos alimentados con SDP incrementaron la ganancia de peso durante la fase de crianza y fueron 2 Kg. más pesados que los cerdos control, alimentados con dietas con harina de pescado. Además, los cerdos alimentados con plasma porcino redujeron los síntomas clínicos de PCVAD. Ellos concluyeron que los cerdos alimentados con SDP se vieron menos afectados por PCVAD.

Foto. 1 – Animales del mismo bloque y mismo peso inicial con aproximadamente 50 días de edad con y sin plasma en la dieta. La diferencia de los animales con y sin plasma es clara.



Recientemente, Monferdini y col. (2017) han demostrado en una prueba brasileña en cerdos infectados naturalmente con PCV2 que cuando se añadía plasma al 6% durante los primeros 14 días post-destete y 3% en el segundo periodo (29 a 42 días de edad) reducía la carga viral de PCV2 en el suero de esos animales, sugiriendo que el plasma ayuda a reducir el nivel de viremia provocado por este virus. Paralelamente, Duffy y col. (2017) han demostrado en cerdos infectados experimentalmente con el virus de la diarrea epidémica porcina (PEDV) que cuando se alimentaron con SDP en la dieta excretaban el virus en heces durante menos días y tenían una respuesta inmune más rápida frente al virus.

Messier y col. (2007) también evaluó el impacto de alimentar con SDP a cerdos al final de la etapa de crecimiento en una granja comercial en Canadá con un historial de PCVAD complicado con la enfermedad viral reproductiva y respiratoria porcina (PRRS). El porcentaje de mortalidad previo en cuatro grupos de cerdos en etapa de finalización en esta granja comercial de engorde, era del 7%

con un rango de 4 a 10%. Históricamente, el pico de la mortalidad estaba entre las 3 y 8 semanas después de que los cerdos fueran instalados en los corrales de engorde. Para este experimento los cerdos fueron instalados en los corrales de engorde a las 12 semanas de edad y alimentados con dietas con 1% de SDP durante las primeras 4 semanas, y 2.5% durante la 5ª y 6ª semanas, cuando los síntomas de las enfermedades respiratorias y la mortalidad eran más notorios. A las 6 semanas de haber puesto a los cerdos en los corrales de engorde, la mortalidad del grupo control fue del 8% contra 2.2% de cerdos alimentados con SDP. Después de 6 semanas todos los cerdos fueron alimentados con la dieta control. El total de mortalidad de cerdos al mercado fue de 11.9% de cerdos en el grupo control y solo el 6% de los cerdos alimentados con SDP durante las primeras 6 semanas de la etapa de engorde únicamente. También los costos de medicación se redujeron 5 veces en cerdos alimentados con SDP.

La reducción de la mortalidad y mejora del rendimiento de los cerdos afectados con PCVAD y alimentados con SDP, es consistente con otros estudios (Tabla 1) evaluando el efecto con SDP en la mortalidad y morbilidad de animales desafiados con varios patógenos. Esta información demuestra que la proteína de plasma puede ser utilizada como herramienta de manejo para minimizar la mortalidad y morbilidad asociada con activación inmune prolongada inducida por varios antígenos independientemente de la etapa en el ciclo de vida.

Foto.2 – Plasma en cerdas en lactancia puede ser una excelente herramienta para los meses de verano para mejorar el consumo y productividad



Lallès y col. (2009) revisaron el impacto de sustancias bioactivas en el tracto gastrointestinal y el desempeño de lechones destetados. Concluyeron que existen evidencias suficientes que soportan que el SDP previene la adhesión de patógenos en la pared intestinal, disminuye la

incidencia de diarrea post destete y puede servir como una alternativa para los antibióticos utilizados en las dietas de lechones.

Las cerdas también experimentan varios factores de estrés asociados con partos, lactancia y gestación. Los porcicultores con frecuencia tienen dificultad en hacer que las cerdas lactantes consuman cantidades adecuadas de alimento para minimizar la pérdida de tejido y mantengan las demandas de producción de leche y el crecimiento de la camada, particularmente en momentos de estrés por calor. La suplementación de dietas para cerdas con proteínas de plasma para reducir los factores estresantes asociados con partos, lactancia, antígenos o factores ambientales, tiene un gran potencial.

Los resultados de los experimentos relacionados con cerdas lactantes alimentadas con plasma (SDP) se muestran en la Tabla 3 (Crenshaw y col., 2007). Los estudios incluyeron cerdas de varios partos y alimentadas con diferentes niveles de dietas de SDP (0 vs. 0.25% o 0 vs. 0.50%). Cuatro experimentos (Exp. 1, 3, 4 y 5) fueron llevados a cabo durante los meses de verano, mientras que el Exp. 2 fue llevado a cabo durante los meses de otoño e invierno. En el Exp. 1 (prueba en verano) la adición de 0.25% al alimento de cerdas durante lactación resultó en un incremento en el consumo de alimento y redujo el intervalo destete-celo, mientras que en el Exp. 2 (prueba en otoño e invierno) el 0.25% del plasma no afectó el consumo de alimento o el intervalo destete-celo. En el Exp. 3 (prueba en verano), el consumo de alimento incrementó en cerdas de 1 o 2 partos alimentadas con 0.5% de plasma, mientras que en cerdas maduras (3 o más partos) se redujo. La reducción en el promedio diario de consumo de alimento en cerdas maduras alimentadas con SDP fue de 3 o 4% y fue ligeramente más bajo para cada día durante el total de la lactación. Además, el intervalo destete-celo se redujo para cerdas de un parto, alimentadas con 0.5% de SDP y tuvo tendencia a reducirse en cerdas maduras. El Exp. 4 (prueba en verano) incluyendo cerdas maduras exclusivamente (3 o más partos), el consumo de alimento en cerdas maduras se redujo en un 3 a 4%. Sin embargo, el peso de la camada, el peso promedio de destetados, y el número de cerdos vendibles (> 3.6 Kg. de peso corporal y destetado) se incrementó cuando las cerdas fueron alimentadas con 0.5% de SDP durante la lactación. El Exp. 5 (APC, información no publicada) utilizó cerdas multíparas, con partos durante los meses de verano y alimentadas con 0.5% de SDP durante la lactancia. La información del consumo de alimento no fue registrada en el Exp. 5, pero el peso de la camada y el promedio de peso de lechones recién destetados mejoraron para cerdas alimentadas con proteínas de plasma. Esta información indica que niveles relativamente bajos de dietas (0.25 a 0.50%) con plasma en cerdas de un parto, con partos durante los meses de verano, incrementaron el consumo de alimento en la etapa de lactancia y redujeron el intervalo destete-celo. Cerdas maduras alimentadas con SDP durante los meses de verano consumieron menos alimento, sin comprometer el intervalo destete-celo, incrementando el peso de la camada, peso promedio corporal de los lechones y el número de cerdos vendibles durante el destete.

Tabla 3. Sumario de experimentos en cerdas en lactación alimentadas con proteínas del plasma ¹

Variable ²	Exp. ³	Cerdas	Paridad ⁴	Lactación, d	Plasma %			P ⁵
					0	0.25	0.50	
Consumo de alimento en la lactación, kg/d	1	265	1-2	14.0	4.6	4.9	--	<0.01
	2	405	1-10	14.0	6.2	6.2	--	0.98
	3	224	1	18.4	4.5	--	5.0	<0.01
	3	224	2	18.6	5.3	--	5.7	<0.01
	3	446	Maduras	18.5	6.0	--	5.8	<0.01
	4	554	Maduras	16.1	5.3	--	5.1	<0.01
Lechones destetados por camada	1	265	1-2	14.0	9.3	9.5	--	0.10
	2	405	1-10	14.0	9.2	9.1	--	0.74
	3	224	1	18.4	9.8	--	9.9	0.64
	3	224	2	18.6	9.7	--	9.6	0.94
	3	446	Maduras	18.5	9.9	--	10.0	0.45
	4	554	Maduras	16.1	9.7	--	9.8	0.21
	5	600	1-12	17.5	9.7	--	9.6	0.60
Lechones de buena calidad destetados por camada ⁶	4	554	Maduras	16.1	8.9	--	9.3	<0.01
Peso de la camada al destete, Kg.	1	265	1-2	14.0	46.3	47.7	--	0.18
	2	405	1-10	14.0	40.0	39.8	--	0.80
	4	554	Maduras	16.1	51.1	--	54.7	<0.01
	5	600	1-12	17.5	48.0	--	50.9	<0.01
Intervalo destete-celo, días	1	265	1-2	14.0	8.9	7.3	--	0.06
	2	405	1-10	14.0	7.2	6.9	--	0.42
	3	224	1	18.4	8.1	--	5.7	0.02
	3	224	2	18.6	5.9	--	6.6	0.32
	3	446	Maduras	18.5	6.4	--	5.6	0.10
	5	600	1-12	17.5	7.3	--	7.9	0.44

¹ Datos de los experimentos 1-4 adaptados de Crenshaw y col., 2007; Experimento 5 (APC datos no publicados).

² No todas las variables fueron evaluadas en todos los experimentos.

³ Experimentos 1, 3, 4 y 5 se realizaron durante los meses de verano, exp. 2 en meses de otoño/invierno. Fuente genética de las cerdas Exp. 1, AUSGENE; exp. 2-4, PIC C22; exp. 5, DanBred.

⁴ Cerdas maduras = paridad de 3 - 12.

⁵ Probabilidad.

⁶ Lechones comercializables, excluidos los menores de 3.6 Kg. de peso vivo o lechones con defectos o enfermos.

Campbell y col. (2006) evaluaron los registros semanales de las maternidades de una granja positiva a PRRS (5,550 cerdas) utilizando un análisis de control estadístico de proceso (SPC) para identificar cambios significativos en la medición de la producción antes y después de la adición de SDP en el pienso de hembras gestantes y lactantes. El plasma se incluyó en el alimento de gestación y lactación al 0.5%, alimentando a todas las cerdas de la granja. Después de que las proteínas de plasma fueron adicionadas a las dietas de las cerdas, el rango de partos mejoró (81 vs. 86%), el número de cerdos nacidos vivos se incrementó por cada 1000 cerdas servidas (8,422 vs. 8,823), y también se incrementó el número de cerdos destetados por cada 1000 cerdas servidas (7,444 vs. 7,841).

La presencia de micotoxinas en la dieta comporta importantes reducciones en los parámetros productivos y daños a nivel de mucosa intestinal. En un estudio (Eastwood y col., 2013) se observó que cerdos destetados que fueron alimentados con dietas conteniendo un 8% de plasma atomizado y un trigo contaminado con 3.9 ppm de deoxinivalenol (DON) presentaron la misma tasa de crecimiento que los animales en el grupo control que no recibieron dieta con plasma ni fueron contaminados con la micotoxina, y mejor crecimiento que animales alimentados con una dieta control con DON sin presencia de plasma. En otro estudio (Weaver y col., 2013) cerdos alimentados con dietas conteniendo 0 o 6% de plasma durante 12 días post-destete, y posteriormente se alimentaron durante 3 semanas adicionales con dietas incluyendo 0, 3 o 6% de plasma que contenían un maíz contaminado naturalmente con 180 ppb de aflatoxina y 9 ppm de fumonisina. Los resultados mostraron una reducción en el crecimiento de los animales alimentados con la dieta contaminada sin plasma respecto a los controles (dieta sin plasma y no contaminada). No obstante, los animales alimentados con dietas conteniendo plasma en el primer periodo (que presentaron mayor crecimiento que los alimentados con dietas sin plasma) no resultaron afectados por la contaminación con micotoxina de la dieta en términos de peso corporal y tasa de crecimiento independientemente del porcentaje de plasma utilizado en el segundo periodo. Recientemente, un grupo brasileño (Müller y col., 2017) han observado que lechones que fueron alimentados durante 15 días con diferentes dietas: grupo A con una dieta control sin SDP; Grupo B con una dieta conteniendo un 6% de SDP; Grupo C con una dieta control conteniendo micotoxinas (300 ppb de aflatoxina y 8000 ppb de fumonisina); y Grupo D con dieta suplementada con 6% SDP y micotoxinas comprobaron que los cerdos alimentados con SDP (Grupos B y D) tuvieron mayor peso corporal independientemente de la presencia de micotoxina en la dieta. Además, los cerdos alimentados con SDP + Micotoxina (Grupo D) tenían niveles leucocitarios a día 5 similares a los de los cerdos alimentados con dietas sin micotoxinas (Grupos A y B), mientras que los cerdos del Grupo C tenían menores niveles de leucocitos, lo que sugiere que el SDP mejoró la eficacia de la respuesta inmune de los cerdos alimentados con micotoxinas.

En resumen, el uso de plasma porcino es bien aceptado en la producción porcina y animal en general. La proteína de plasma reduce la activación prolongada de la respuesta inmune inducida por antígenos y por factores de estrés ambiental, conservando de este modo, el uso de nutrientes

para apoyar la respuesta inmune y permitiendo a los mismos ser utilizados para propósitos productivos.

Las recomendaciones actuales y el uso extendido del plasma para cerdos afectados con síntomas clínicos multi-sistémicos o en condiciones de desafío están listados en la Tabla 4. Es recomendable que el 0.5% de plasma este formulado y mezclado en las dietas de cerdas en gestación o lactancia. Los productores de cerdos deben consultar a su nutriólogo para asegurar la correcta formulación de las dietas.

Tabla 4. Recomendaciones para el uso extendido del plasma atomizado en granjas afectadas por el Circovirus y enfermedades asociadas o bajo condiciones de desafío ¹.

Etapa	Edad de los lechones	Plasma Atomizado, % ²
Maternidad/ Creep Feed ³	Hasta 28 días	6.0 - 7.5
Iniciador 1	28 - 42 días	3.0 - 6.0
Iniciador 2	42 - 56 días	1.5 - 3.0
Transición para el crecimiento	56 días	0.5 - 1.0
Crecimiento	10 – 14 días post llegada en el crecimiento	0.5 - 1.0
Dieta Hospital ⁴	14 días en el corral hospital	2.0 - 2.5

¹ Adaptado de Rangel y col., 2008.

² Las inclusiones de plasma en las dietas deben aumentar con señales clínicas más severas y viceversa.

³ Alimento suministrado para lechones mientras no fueron destetados.

⁴ Animales que empiezan con señales clínicas son alojados en corrales hospitalares para cuidados especiales y tratamiento.

Proteínas de Plasma Secadas con *Spray* y Funciones Productivas de Aves

Foto. 3 – Plasma una excelente herramienta en la primera ración de los pollitos.



Algunos estudios indican que el SDP mejora el crecimiento y eficiencia alimenticia de pollos de engorde y pavos alojados en condiciones comerciales, debido a la mayor exposición a agentes patogénicos (Campbell y col., 2003, Bregendahl y col., 2004).

Campbell y col. (2004b), investigaron la eficacia del suero bovino atomizado (SDBS) en el agua de beber de pavos alojados en piso de los 0 a los 35 días de edad, y observaron que el consumo SDBS mejoró la ganancia de peso ($P < 0.04$) de los 0 a los 7 días en 18,6% cuando compararon a los animales que no recibieron el producto. En ese mismo trabajo los autores demostraron que animales desafiados con *Pasteurella multocida* de los 35 a los 49 días, fueron capaces de mantener o aumentar la ganancia de peso cuando consumieron el SDBS.

Es evidente que animales desafiados por agentes patógenos tienen peor productividad. Esos efectos negativos han sido observados en otras especies como se puede comprobar en este trabajo. En aves, la *Pasteurella multocida* es el agente causal del cólera, enfermedad respiratoria que puede presentar mayor virulencia cuando existe producción de toxinas (lipopolisacáridos), lo que resulta en un aumento de la mortalidad. Campbell y col. (2004b), observaron que el uso del SDBS fue capaz de mantener la supervivencia de pavos sometidos a ese agente patógeno.

El ambiente en que los animales son criados puede influenciar la ganancia de peso, la eficiencia alimenticia y el rendimiento de la canal. Pollos de engorde criados en condiciones de poca presencia de agentes patogénicos presentan mayores pesos cuando son comparados con pollos criados en condiciones de desafíos o comerciales (Coates y col., 1963). Este efecto del plasma relacionado al ambiente limpio o sucio también fue observado por Campbell y col. (2004a) en pavos.

Campbell y col. (2003), observaron que pollos de engorde criados en condiciones experimentales, sin desafío hasta los 42 días de edad, recibiendo suero bovino SDBS en el agua de beber en concentraciones de 0; 0.45; 0.90 y 1.35%, no presentaron mejora significativa en la ganancia de peso, eficiencia alimenticia y rendimiento de canal. Sin embargo, cuando evaluaron los mismos niveles en pollos de engorde alojados en ambiente limpio y sucio a los 21 días de edad, evidenciaron una mejora significativa ($P < 0.05$) en la ganancia de peso y en la conversión alimenticia para ambos ambientes, cuando se les comparó a los animales que no recibieron el SDBS.

Esa mejoría de productividad en pollos de engorde también fue observada por Rostagno y col. (2005). Los autores observaron que durante el periodo inicial (8-21 días de edad), los pollos con 0.5% de SDP en la dieta tuvieron una mejor ganancia de peso cuando se les comparó a los controles

sin SDP en la dieta. También verificaron que pollos de 1 a 42 días de edad recibiendo SDP tuvieron un aumento del 3% en la ganancia de peso y mejoría de -2.4 en la conversión alimenticia cuando se les comparó con pollos que no recibieron dietas suplementadas con SDP.

Longo y col. (2005), observaron que la energía metabolizable del SDP para pollitos de engorde entre 1 e 7 días de edad fue de 3,831 kcal/kg, superior al del gluten de maíz (3,374 kcal/kg) y al del aislado proteico de soja (2,110 kcal/kg). Constataron también que la utilización del plasma *spray-dried* en esa etapa estimula la absorción ($P < 0.10$) del saco vitelino dentro de las primeras 24 horas en comparación al gluten de maíz y al huevo en polvo y además promueve un mayor desarrollo del proventrículo ($P < 0.10$) en comparación al aislado proteico de soja.

Fernandes (2004), en pollos sometidos a restricción alimenticia observó resultados favorables del SDP en la ganancia de peso y supervivencia para pollitos tipo B (peso promedio de 44 g) ($P < 0.05$).

Penz y col. (2004), observaron en un experimento diseñado para proporcionar algún desafío a los pollos (cama usada, vacunación), pero sin obtener un desafío suficiente para proporcionar una menor productividad, fue evidente una ventaja por encima de la nutrición (los alimentos eran iso-nutricionales) en términos de conversión alimenticia, para el uso del plasma hasta los 21 días, independientemente de la inclusión usada. Esa ventaja pudo ser observada hasta los 42 días. Es esperable que esa diferencia a favor el plasma podría ser más evidente en condiciones de desafío de campo, como en el caso de pollitos de mala calidad, granjas con historial desfavorable, desafío sanitario y ambiental, entre otros.

Proteínas de Plasma Secadas con *Spray* y Funciones Productivas en Acuicultura

Una serie de estudios han sido realizados en laboratorios y en lagos comerciales de producción para evaluar el efecto del uso del SDP en acuicultura. En ellos, se observó un mayor peso en la cosecha, mayor tasa de supervivencia y mayor resistencia a desafíos por patógenos.

En un estudio diseñado para evaluar los efectos de SDP en el alimento sobre la digestibilidad y el rendimiento de la trucha arcoíris (Campbell y col. 2014), los resultados mostraron que la inclusión de SDP mejoró la supervivencia, la digestibilidad de la proteína y la biomasa obtenida, independientemente de si el plasma se incorporada antes o después de la extrusión, lo que demuestra que el SDP puede ser aplicado antes de la extrusión manteniendo la mejora en el rendimiento.

En otro estudio se evaluó la inclusión de SDP como proteína funcional en alimento comercial para alevines de dorada, *Sparus aurata*, en términos de crecimiento, utilización de alimento, organización de la mucosa intestinal, actividad de los enzimas de estrés oxidativo en hígado e intestino, y parámetros inmunológicos inespecíficos en suero (lisozima y actividad bactericida) (Gisbert y col. 2014). Las dietas fueron formuladas sustituyendo harina de pescado de alta calidad por 0, 3 y 6% de SDP. Las dietas conteniendo SDP promovieron el crecimiento; el peso final de las doradas alimentadas con pellets suplementados con un 3% de SDP fue 10.5% mayor que las alimentadas con la dieta control. Además, el utilizar una dieta con SDP resultó en una mayor uniformidad en la distribución de tamaño, una mejor condición y una conversión alimenticia más eficiente que la dieta control. Además, la nutrición que proporcionó el SDP redujo los niveles de estrés oxidativo en el hígado y en intestino, mejorando la condición de salud de los peces. Igualmente, las doradas alimentadas con dietas conteniendo SDP tuvieron mayor densidad de células caliciformes en el intestino lo que les beneficia ya que les provee de una eficiente barrera contra potenciales bacterias patógenas en el intestino, lo que sugeriría una mejora en la función

inmune innata del intestino. Estos resultados fueron respaldados por mejoras obtenidas en los parámetros inmunes no específicos de la sangre que fueron mayores en los animales alimentados con dietas conteniendo SDP respecto a los alimentados con la dieta control.

En un estudio recientemente publicado por un grupo brasileño (de Araújo y col., 2017) trabajando con Tilapia y añadiendo SDP a la dieta comprobaron que la suplementación con SDP mejoró el rendimiento del crecimiento, la salud intestinal, el perfil hematológico y la resistencia al estrés de frío. En base a sus resultados, recomendaban un nivel de suplementación dietética de 5.19% de SDP para dietas de Tilapia del Nilo.

En estudios antiguos de desafíos con patógenos, se evaluó el efecto de inclusiones de 0, 2, 4 o 6 % de SDAP en *Penaeus japonicus* (peso promedio de 13 g) desafiados con el virus de la mancha blanca 8 días después de iniciada la prueba. El desafío fue severo y todos los camarones del grupo control murieron antes del final de la prueba, 10 días después del desafío. Entretanto, los camarones con inclusiones de 2, 4 y 6 % de SDAP tuvieron supervivencias de 33, 67 y 37 %, respectivamente. Además, también fue posible observar mejor habilidad de mejorar la fagocitosis y una mejor habilidad de mejorar la actividad de la enzima fenoloxidasa (Russell, 2000). El mismo autor hizo otras dos pruebas en condiciones de producción comercial de *Litopenaeus vannamei* y observó que la inclusión más indicada del SDAP fue entre 3 y 6% del alimento.

En otro trabajo fue evaluado el efecto del SDAP en truchas arco-iris, *Oncorhynchus mykiss*, desafiadas con *Yersinia ruckeri* via intra-peritoneal. Fue observado que el uso del SDAP en el alimento antes del desafío (15 o 30 días) disminuyó la mortalidad comparado a los otros tratamientos. Las supervivencias fueron respectivamente de 90 o 84 % comparada a 44% de supervivencia del grupo control sin SDAP (Aljaro y col., 1998).

Foto. 4 – Laboratorio del Dr. Yukinori Takahashi, Profesor National Fisheries University, Japon. Grupo que condujo los primeros experimentos con plasma en camarones.



Consideraciones Finales

El SDP es una herramienta que por sus efectos directos en (el lumen) la luz y sistema inmune del intestino y sus efectos indirectos sistémicos en el sistema inmune de los animales, merece atención de los nutriólogos y veterinarios cuando se busca animales productivos y sanos.

Referencias

Referencias disponibles bajo solicitud al autor