

El triptófano en la nutrición porcina



Las cerdas en lactación muestran una menor pérdida de peso al aumentar el nivel de triptófano en el pienso.

Quiles, A.

Departamento de Producción Animal. Universidad de Murcia.
Campus de Espinardo. 30071-Murcia. quiles@um.es

➤ Introducción

El triptófano es un aminoácido con cadena lateral o grupos R hidrofóbicos, caracterizado por tener dos anillos aromáticos en su cadena lateral.

Se trata de un aminoácido esencial para los cerdos, es decir, la dieta es la única vía de suministro, por lo tanto su aporte en la dieta depende de la composición y digestibilidad de los ingredientes que entran a formar parte de la misma (Cuadro 1).

El triptófano es necesario para la síntesis de la proteína corporal, actuando como aminoácido limitante en relación con otros aminoácidos limitantes como la lisina, metionina o treonina; de manera que su deficiencia afecta a la tasa de crecimiento y a la eficacia alimentaria. Por otra parte, interviene como precursor de neurotransmisores y hormonas como serotonina, melatonina, triptamina, dinucleótido de nicotinamida-adenina (NAD) o fosfato de dinucleótido de nicotinamida-adenina (NADP). Por ello el triptófano puede regular aspectos fisiológicos como el apetito, ritmo

sueño-vigilia, agresividad, libido y percepción del dolor. Así mismo, participa en la respuesta inmunitaria de animal.

A nivel plasmático, el triptófano es el único aminoácido que circula ligado a la albúmina (aproximadamente un 90% del mismo), por lo que entra en competencia con los ácidos grasos no esterificados.

➤ Necesidades de triptófano en cerdos

Las necesidades de triptófano en cerdos han sido valoradas por numerosos autores (Russell y cols., 1983; Batterham y Watson, 1985; Henry y cols., 1986; Lin y cols., 1986; Burgoon y cols., 1992; Eder y cols., 2003; Guzik, 2002 y 2005), encontrando importantes diferencias entre los mismos, debido a las condiciones del experimento: edad de los animales, sexo, genotipo, condiciones ambientales, contenido en otros aminoácidos, unidad de expresión de las necesidades, etc. En términos generales podemos afirmar que las necesidades disminuyen con la edad del animal; así para lechones

oscilan entre 1,6 y 2,3 g/kg de pienso y para los cerdos en crecimiento-cebo entre 0,9 y 1,5 g/kg de pienso. En cuanto a las necesidades de triptófano aparente digestible en ileon varían entre 1,9 g/kg de pienso para lechones y 1,3 g/kg de pienso para el cebo.

Necesidades de triptófano en lechones

Según las experiencias llevadas a cabo por Guzik y cols., (2002) con lechones destetados a las tres semanas, las necesidades de triptófano digestible serían: para lechones de 5-7 kg, el 0,21% (0,24% de triptófano total); para lechones de 6-10 kg, el 0,20% (0,23% de triptófano total) y para lechones de 10-16 kg, el 0,18% (0,22% de triptófano total) (Cuadro 2). Esta influencia del triptófano sobre el crecimiento y la ingesta voluntaria de pienso en lechones también fue puesta de manifiesto por Eder y cols., (2001) y Ettle y Roth (2004). Estos últimos autores, además determinaron como los cerdos pueden detectar cambios metabólicos inducidos por el déficit de triptófano, de manera que ante una situación en la que puedan elegir entre dietas adecuadas

Cuadro 1

Contenido y digestibilidad ileal aparente de lisina y triptófano (CVB, 1999).

	Lys en PB (%)	Trp en PB (%)	Trp:Lys (%)	Digestibilidad ileal Lys (g/kg)	Digestibilidad ileal Trp (g/kg)
Maíz	2,9	0,7	24	2,5	0,6
Cebada	3,6	1,2	33	2,6	0,9
Trigo	2,8	1,2	43	2,3	1,0
Gluten de maíz	1,7	0,5	29	8,5	2,4
Salvado de trigo	4,0	1,4	35	4,5	1,6
Harina de soja	6,2	1,3	21	22,7	4,6
Guisantes	7,1	0,9	13	16,1	2,0
Harina de pescado	7,6	1,1	14	47,7	6,6

Cuadro 2

Parámetros productivos en lechones destetados a las tres semanas en función del nivel de triptófano de la dieta (Guzik y cols., 2002).

LECHONES DE 5,2-7,3 kg ^(a)						
Aporte de triptófano digestible (%)						
Parámetros ⁽¹⁾	0,14	0,17	0,20	0,23	0,26	0,29
Ganancia media diaria (g)	98	156	178	198	193	179
Consumo de pienso (g/día)	224	279	289	310	318	309
Índice de conversión	2,28	1,79	1,62	1,56	1,64	1,73
N urea en plasma (mmol/L)	2,72	1,13	0,57	0,60	0,64	0,49
LECHONES DE 6,3-10,2 kg ^(b)						
Aporte de triptófano digestible (%)						
Parámetros ⁽²⁾	0,13	0,16	0,19	0,22	0,25	0,28
Ganancia media diaria (g)	136	243	326	327	315	320
Consumo de pienso (g/día)	327	461	549	510	491	493
Índice de conversión	2,40	1,90	1,68	1,56	1,56	1,54
N urea en plasma (mmol/L)	3,72	3,19	2,94	2,63	2,68	2,97
LECHONES DE 10,3-15,7 kg ^(c)						
Aporte de triptófano digestible (%)						
Parámetros ⁽³⁾	0,13	0,155	0,18	0,205	0,23	0,255
Ganancia media diaria (g)	228	331	469	423	427	428
Consumo de pienso (g/día)	532	640	772	743	781	832
Índice de conversión	2,33	1,93	1,82	1,76	1,83	1,94
N urea en plasma (mmol/L)	3,75	2,74	2,33	2,41	2,60	2,77

⁽¹⁾ día 0 a día 13; ⁽²⁾ día 0 a día 14; ⁽³⁾ día 0 a día 14.

^(a), ^(b) y ^(c): dietas con guisantes forrajeros canadienses como fuente primaria de proteína, con contenido en lisina digestible del 1,35, 1,19 y 1,01%, respectivamente.

o bajas con respecto al nivel de triptófano, responden con una aversión contra la dieta deficiente, mostrando una mayor preferencia por la dieta adecuada.

Por su parte, el NRC (1998) refiere unas necesidades de triptófano digestible para lechones de 3-5 kg; 5-10 kg y 10-20 kg de 0,24, 0,22 y 0,18%, respectivamente.

Necesidades de triptófano en cerdos de crecimiento-cebo

Las necesidades de triptófano digestible ileal (tid Trp) han sido determinadas por varios autores, así Eder y cols., (2003) reportaron unos requerimientos de (tid Trp) de 2,20; 0,17 y 0,12% para hembras con pesos de 25-50; 50-80 y 80-115 kg, respectivamente.

Por su parte, Guzik y cols., (2005) determinaron estos requerimientos en machos castrados en crecimiento-engorde, sugiriendo las siguientes cifras para triptófano total y para (tid Trp) de: 0,21 y 0,18 % para cerdos de 30 kg; 0,17 y 0,14 % para cerdos de 50 kg y 0,13 y 0,11 % para cerdos mayores de 70 kg (Cuadros 3 y 4).

Necesidades de triptófano en cerdas en lactación

Los problemas de anoestros y de repeticiones post-destete están muy relacionados con las pérdidas de peso superiores al 15% de las reservas proteicas corporales durante la lactación. En efecto, la pérdida de proteína corporal durante la lactación puede llegar a explicar el 50% del alargamiento intervalo destete-cubrición (IDC), mientras que la pérdida de grasa por si

sola explicaría el 25%. Generalmente las cerdas que salen en celo a partir del día 10 post-destete suelen ser cerdas con una pobre condición corporal. Se debe evitar una pérdida de peso vivo superior al 10% en primíparas y del 15% en múltiparas. O bien, se debería evitar que la cerda perdiera más de 4 mm de espesor del tocino dorsal (ETD) durante la lactación, si llega al parto con 20 mm de ETD se debería destetar al menos con 16 mm de ETD.

El triptófano puede contribuir a mejorar esta situación, ya que su aporte incrementa el consumo de pienso y, por tanto, minimiza las pérdidas de peso durante la lactación (Libal y cols., 1997). Los requerimientos en lactación los podemos cifrar en 2,1 g/kg, con una ratio de Trp/Lys del 23% (digestibilidad ileal estandarizada) (Pampuch y cols., 2006).

» Efecto del estrés inmunitario sobre las necesidades de triptófano

Las necesidades de triptófano pueden alterarse en condiciones de estrés inmunitario, ya que una parte del aporte de triptófano es derivado a otras rutas metabólicas ligadas a las funciones de defensa para la síntesis de proteínas de la inflamación (haptoglobina), inmunoglobulinas, proteínas de fase aguda o bien como nutriente para las células inmunitarias. Debido a ello hay menor cantidad de triptófano disponible para la síntesis proteica muscular. De ahí que estas modificaciones metabólicas, como consecuencia de la activación del sistema inmunitario, afecten a la disponibilidad del triptófano para el crecimiento de los cerdos. En este sentido, Melchior y cols., (2004) observaron como en lechones con inflamación pulmonar, las concentraciones plasmáticas de triptófano eran menores en comparación con lechones sanos alimentados con la misma



En lechones destetados el triptófano tiene un efecto positivo en el consumo de pienso.



El triptófano es capaz de disminuir la agresividad de los cerdos tras el reagrupamiento.

dieta. Ello sugiere que la inflamación puede reducir la disponibilidad de triptófano para el crecimiento, aumentando su catabolismo e inducir así las necesidades específicas de este aminoácido. Para determinar la disponibilidad del triptófano en cerdos con inflamación estos autores seleccionaron 10 bloques con 4 lechones de una misma camada a los 40 días. En cada bloque se compararon 4 tratamientos experimentales: control sano y dieta deficiente en triptófano (T1), inflamación y falta de triptófano en la dieta (T2), inflamación y falta de triptófano en la dieta más antioxidante (T3) e inflamación y nivel de triptófano adecuado (T4). La inflamación indujo a un aumento de la actividad de la indoleamina-2,3-dioxigenasa (IDO), enzima implicada en el catabolismo del triptófano. Los lechones con inflamación y dieta deficiente en triptófano no llegaron a mantener constantes las concentraciones plasmáticas de triptófano, contrariamente a lo observado en los lechones con inflamación pero con niveles adecuados de triptófano ($p \leq 0,001$). En estos últimos lechones, las concentraciones de haptoglobina en plasma, la actividad de IDO y el peso de los pulmones fueron menos elevados que en los lechones con dietas bajas en triptófano, lo que implica que la respuesta inflamatoria disminuye cuando el nivel de triptófano es suficiente.

No obstante, la respuesta del triptófano plasmático ante un estrés inmunitario está en función de la cantidad de triptófano en el pienso y de la naturaleza del estrés (Le Floc'h y cols., (2004) y Melchior y cols., (2004). Teniendo en cuenta estos aspectos, Le Floc'h y cols., (2007) compararon el crecimiento de lechones destetados criados bajo distintas condiciones sanitarias (elevadas o pobres) y alimentados con diferentes niveles de triptófano (15, 18, 21 ó 24 % de la lisina digestible). No observaron una interacción estadísticamente significativa entre el status sanitario y el nivel de triptófano para los parámetros de crecimiento.

El status sanitario si influyó en la tasa de crecimiento, aumentando la concentración de haptoglobina en plasma y reduciendo el nivel de triptófano en plasma en los cerdos sometidos a status sanitario pobre. A pesar de que el aumento de triptófano en la dieta no logró compensar la disminución de crecimiento y la ingesta de pienso en los lechones criados en pobres condiciones sanitarias, su sensibilidad hacia el incremento de triptófano fue mayor con respecto a los lechones criados en buenas condiciones sanitarias.

» Efecto sobre la ingesta de pienso

A parte de intervenir en el metabolismo proteico el triptófano actúa como precursor de la serotonina, tras atravesar la barrera hematoencefálica. La serotonina se transforma en amina biógena por hidroxilación y descarboxilación. Posee un efecto inhibidor central del consumo de pienso, responsable de la regulación del apetito y de la saciedad. Además la serotonina activa el sistema nervioso simpático y, por lo tanto, el metabolismo de los hidratos de carbono y de las grasas. La síntesis de serotonina viene marcada por la relación en plasma entre los aminoácidos neutros de alto peso molecular (LNAA: valina, leucina, isoleucina, fenilalanina y tirosina) y el triptófano, ya que entre ellos compiten por el transporte a través de la barrera hematoencefálica (transportador tipo L -LAT1, transporte activo-), por lo que la ratio triptófano/LNAA plasmática determina la absorción de triptófano en el cerebro. En este sentido, dietas muy ricas con un nivel bajo de triptófano o una baja ratio

Trp:LNAA reducen el consumo de pienso, ya que penalizan el paso de triptófano al cerebro, disminuyendo la producción de serotonina. Del triptófano plasmático, solo el no ligado a la albúmina es capaz de atravesar la barrera hemato-encefálica.

Por otro lado, la ingestión de triptófano puede inducir la secreción a nivel gástrico y duodenal de la hormona grelina, péptido que incrementa los niveles plasmáticos de la hormona del crecimiento y aumenta la apetencia (Zhang y cols., 2007). Este efecto del triptófano sobre el consumo de pienso puede suponer una ayuda para superar los efectos negativos de la infección por *Escherichia coli* en lechones susceptibles, ya que el mayor consumo de pienso logra mantener el crecimiento y el peso vivo (Trevisi y cols., 2009).

La absorción cerebral de triptófano parece que puede incrementarse con dietas ricas en hidratos de carbono, ya que los altos niveles de insulina incrementan la absorción en el tejido muscular de los aminoácidos libres del plasma y al estar el triptófano ligado a la albúmina plasmática se incrementa la ratio Trp/LNAA.

Para Henry y Seve (1993) el nivel de triptófano en el pienso debería ser al menos el 4% de los aminoácidos neutros de alto peso molecular, incluidos los aminoácidos ramificados, para que no se viera comprometido el consumo de pienso; ya que un déficit de triptófano en el cerebro, unido con un exceso de aminoácidos neutros de alto peso molecular, provoca una menor concentración de serotonina en el cerebro y un menor consumo de pienso. Cuando la dieta posee un nivel proteico y en aminoácidos neutros de alto peso mole-



La disponibilidad de triptófano en el sistema nervioso central es uno de los limitantes en la síntesis de serotonina.

cular pequeño, la suplementación con triptófano mejora el consumo de pienso, lo que no ocurre cuando el nivel de aminoácidos neutros de alto peso molecular es elevado.

Por otra parte, la relación triptófano/lisina (Trp/Lys) tiene también influencia sobre la ingesta de pienso. Los últimos estudios demuestran que una ratio Trp/Lys del 22% (digestibilidad ileal estandarizada) maximiza la ingesta de pienso, la tasa de crecimiento y mejora la conversión del pienso.

» Efecto sobre el comportamiento agonístico

El triptófano al intervenir como precursor de hormonas y neurotransmisores como la serotonina, melatonina, triptamina, dinucleótido de nicotinamida-adenina (NAD) o fosfato de dinucleótido de nicotinamida-adenina (NADP), participa en la regulación del comportamiento animal (comportamiento agresivo, susceptibilidad al estrés, patrones del sueño, comportamiento ingestivo, etc). Debido a ello es capaz de reducir el estrés y la agresividad de los cerdos en momentos concretos del ciclo productivo (destete, reagrupamiento, transporte, espera al sacrificio, etc) proporcionando un mayor bienestar a los animales (Seve y cols., 1991).

En teoría la mayor disponibilidad de triptófano en la dieta aumenta la concentración de serotonina en el cerebro y reduce la susceptibilidad al estrés. En efecto, la suplementación con triptófano en dietas post-destete mejora los componentes neuroendocrinos del estrés y aumenta la robustez gastrointestinal pero no afecta al comportamiento general de los lechones destetados tras el reagrupamiento aunque tiene una cierta influencia (Koopmans y cols., 2006). Estos autores comprobaron como un suplemento de 5 g Trp/kg de pienso en dietas post-destete provocaba, a los cinco días de aportar el pienso, un aumento del triptófano en plasma (68 ± 7 vs 32 ± 2 mmol/L, $p \leq 0,001$); el recambio de serotonina, medida como ácido 5-hidroxiindolacético: 5-hidroxitriptamina, aumentando un 38% ($0,20$ vs $0,27$; $p \leq 0,01$); aumento de la relación altura de las vellosidades/profundidad de las criptas (del 11 al 18%, $p \leq 0,05$).

Así mismo, la concentración de cortisol en saliva disminuyó a la mitad, entre el día 4 y 5 del reagrupamiento. Sin embargo, el comportamiento de los lechones no se vio afectado, a excepción del día 10 post-introducción de la dieta,

Cuadro 3

Parámetros productivos y concentración de N urea en plasma en el engorde de machos castrados alimentados con niveles crecientes de triptófano (Guzik y cols., 2005).

Parámetros ⁽³⁾	Aporte de triptófano digestible (%)					
	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	SEM
Ganancia media diaria (g)	0,69	0,75	0,93	0,90	0,85	0,04
Consumo de pienso (g/día)	3,69	3,52	3,30	3,36	3,46	0,06
Índice de conversión	5,35	4,70	3,55	3,73	4,07	0,01
N urea en plasma (mmol/L)	2,85	2,02	1,56	1,46	1,64	0,13
Peso vivo final (kg)	98,5	105,0	105,1	107,8	106,3	1,6

* Se utilizaron tres replicas de 4 machos castrados por replica. El peso vivo inicial fue de 74,6 kg.

Cuadro 4

Concentración de N urea en plasma en machos castrados de 30,9; 51,3 y 69,4 kg alimentados con niveles crecientes de triptófano digestible real ileal, Exp. 3,4 y 5 a (Guzik y cols., 2005).

Parámetros	Aporte de triptófano digestible (%)					
	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	SEM
Exp. 3 (30,9 kg)	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	SEM
PNUI ^b (mmol/l)	3,61	3,60	3,90	2,94	3,26	0,41
PNUF ^c (mmol/l)	3,54	2,13	1,07	1,58	2,12	0,18
Parámetros	Aporte de triptófano digestible (%)					
	0,09	0,11	0,13	0,15	0,17	SEM
Exp. 4 (51,3 kg)	0,09	0,11	0,13	0,15	0,17	SEM
PNUI (mmol/l)	3,64	3,72	3,67	3,53	2,99	0,39
PNUF (mmol/l)	3,45	2,36	1,13	1,87	2,25	0,20
Parámetros	Aporte de triptófano digestible (%)					
	0,07	0,09	0,11	0,13	0,15	SEM
Exp. 5 (69,4 kg)	0,07	0,09	0,11	0,13	0,15	SEM
PNUI (mmol/l)	2,66	2,68	2,77	2,69	3,31	0,26
PNUF (mmol/l)	2,93	2,30	2,18	2,40	2,42	0,17

^a Los datos son medidos en tres (Exp. 3 y 4) o cuatro (Exp. 5) replicas con cuatro machos castrados por replica.

^b PNUI: N urea en plasma inicial.

^c PNUF: N urea en plasma final.

Cuadro 5

Porcentaje de observaciones de los estados posturales (tumbados, de pie o sentados) en lechones suplementados con triptófano tras el destete¹ (Koopmans y cols., 2006).

	Suplemento de Trp, g/kg de pienso.			
	0	5	SEM	Nivel significación
Día 3				
Tumbado	82	93	9	NS ²
De pie	17	5	8	NS
Sentado	1	2	1	NS
Día 4				
Tumbado	75	87	12	NS
De pie	24	13	12	NS
Sentado	1	0	1	NS
Día 5 (reagrupamiento)				
Tumbado	76	80	10	NS
De pie	23	18	10	NS
Sentado	1	2	1	NS
Día 6				
Tumbado	62	72	9	NS
De pie	38	28	8	NS
Sentado	0	0	0	NS
Día 10				
Tumbado	68	88	5	$\leq 0,02$
De pie	31	12	5	$\leq 0,02$
Sentado	1	0	1	NS

¹ Datos medidos en 4 replicas de 9 (Día 3), 8 (Día 4), 7 (Día 5) o 6 (Día 6 y 10) lechones.

Los datos representan el porcentaje de cada estado postural en cada uno de los días de observación.

² NS: no significativo.

donde se apreció una mayor tendencia a estar tumbados durante más tiempo en lechones alimentados con triptófano (Cuadro 5). Ni el consumo de pienso ni la tasa de crecimiento se vieron afectados.

Este efecto del triptófano sobre el comportamiento también ha sido evaluado en animales de mayor peso (70 kg) durante el reagrupamiento de animales en la fase de cebo. Las experiencias llevadas a cabo por Li y cols., (2006) apuntan a que el triptófano



Un aporte de triptófano puede mejorar la tasa de crecimiento de cerdos sometidos a estrés inmunitario.

puede modificar el comportamiento agresivo de los cerdos y reducir el estrés tras el reagrupamiento. En su primera experiencia alimentaron a tres grupos de cerdos ($n = 32$) con tres tipos de dietas (Control: 0,11 % Trp; dieta A: 0,23 % Trp y dieta B: 0,43 % Trp) durante 7 días, apreciándose como los cerdos alimentados con las dietas A y B pasaron más tiempo tumbados y menos comiendo en comparación con los alimentados con la dieta control. En la segunda experiencia los cerdos fueron alimentados con las mismas dietas experimentales durante 3 días previos a la mezcla. En este caso también se observó una influencia sobre el comportamiento, ya que las dietas A y B redujeron la duración total de las luchas entre animales desconocidos, así como las presiones inversas entre animales (Cuadro 6).

La influencia del triptófano sobre el nivel de estrés de los cerdos también ha sido reportado por Guzik y cols., (2006) quienes determinaron que la adición de triptófano en la dieta provocaba una disminución del cortisol en plasma. Para ello diseñaron una serie de experiencias, entre las que destaca una de ellas en la que utilizando machos castrados de 50 kg fueron asignados a una dieta control o con un 0,5 % de L-Trp durante 5 días, tras los cuales los animales fueron atados durante 30 segundos y sangrados a diferentes tiempos (2, 4, 6, 8, 10, 15, 30, 45, 60, 90, y 120 minutos después del atado). Se observó como los cerdos alimentados con la dieta L-Trp tenían unas concentraciones de cortisol y de lactato en plasma menores que los cerdos alimentados con la dieta control. En otra experiencia similar a la anterior, pero esta vez un grupo de cerdos

cual puede actuar inhibiendo la liberación de manera directa o indirecta (inhibiendo el eje hipotálamo-hipófisis-adrenales) (Campino, 2008).

Este efecto del triptófano sobre el nivel de agresividad también ha sido observado durante el periodo de crecimiento de cerdas nulíparas, de tal manera que Poletto y cols., (2010) observaron que aquellas cerdas que durante los periodos de crecimiento (3 meses) y cebo (6 meses) recibieron 2,5 veces la cantidad de triptófano normal mostraron menos agresividad; un número menor de cerdas atacaron a la cerda invasora y aquellas que lo hicieron fueron más lentas en hacerlo, comparadas con las cerdas que no recibieron el suplemento.

Por otra parte, el aumento de triptófano en las dietas para cerdos puede reducir los comportamientos anómalos como la caudofagia. En este sentido, las experiencias llevadas a cabo en la Universidad de Newcastle pusieron de manifiesto que los cerdos con 10 semanas de vida alimentados con niveles bajos de triptófano (0,12 %) mostraban una mayor tendencia hacia el simulacro de cola ensangrentada (trozo de cuerda mojada en sangre que simulaba una cola) y pasaban más tiempo olfateando a sus congéneres. Mientras que los cerdos alimentados con un nivel de triptófano por encima de los requerimientos (0,32%)

fue atado y otro permaneció a su lado sin atar, para determinar si estos últimos mostraban signos de estrés al estar en contacto con cerdos atados. Se observó como los cerdos no atados y alimentados con L-trp tenían un área por debajo de la curva y una concentración media de cortisol en plasma menor que los cerdos no atados alimentados con la dieta control. Una posible explicación a este efecto estaría en que el triptófano es precursor de la melatonina, la

Cuadro 6

Efecto del triptófano dietético sobre el comportamiento agresivo en cerdos en crecimiento durante la primera hora tras el reagrupamiento (Li y cols., 2006).

Parámetro	Nivel de triptófano en el pienso ¹			SEM	Signific.
	Control ($n = 32$) ²	x 2 ($n = 32$) ²	x 4 ($n = 32$) ²		
Latencia del primer olfateo (s)	22,4	18,6	24,4	8,78	0,90
Duración de la fase de olfateo (min)	24,8	22,8	28,4	3,95	0,61
Contacto hocico con cabeza					
Frecuencia	34,3	27,2	34,2	2,69	0,11
Duración total (s)	215,1 ^{ab}	170,7 ^b	241,5 ^a	19,3	0,04
Duración media (s)	6,58	7,91	7,22	1,41	0,80
Contacto hocico con el cuerpo					
Frecuencia	15,9	13,6	15,9	1,5	0,46
Duración total (s)	104,2	85,8	88,5	10,8	0,44
Duración media (s)	6,45	7,21	5,58	0,71	0,27
Luchas					
Latencia (min)	25,0	23,2	28,8	4,0	0,60
Duración total (s)	147,2 ^a	79,2 ^b	53,1 ^b	24,9	0,03
Mordiscos					
Frecuencia	11,9	9,3	8,7	1,5	0,28
Frecuencia de mordiscos mutuos	5,3	3,5	2,6	1,0	0,14
Presiones paralelas					
Frecuencia	2,88	3,06	2,47	0,46	0,65
Duración total (s)	22,9	25,8	14,8	4,3	0,19
Duración media (s)	6,12	5,48	4,13	0,89	0,28
Presiones inversas					
Frecuencia	5,72	3,25	2,44	1,27	0,17
Duración total (s)	84,8 ^a	28,7 ^b	19,0 ^b	18,9	0,04
Duración media (s)	7,84 ^a	4,52 ^{ab}	4,43 ^b	1,28	0,05

^{a, b}: letras diferentes dentro de una misma fila, significación $p \leq 0,05$.

¹: Porcentajes de triptófano en la dieta fueron 0,11, 0,23 y 0,43 % para el control, x2 y x4, respectivamente.

²: parejas de animales en cada corral, las cuales fueron la unidad experimental en el experimento.

se mostraron menos activos y pasaron la mayor parte del tiempo durmiendo.

Finalmente, la suplementación de triptófano los días previos al sacrificio puede mejorar la calidad de la canal, ya que reduce el estrés durante el transporte. Peeters y cols., (2004) comprobaron como la suplementación con triptófano (5 g/l de agua de bebida durante tres días), modificaba el comportamiento de los cerdos durante la simulación del transporte al pasar más tiempo tumbados.

» Conclusiones

El triptófano es un aminoácido esencial que desempeña un papel destacado en la alimentación porcina, ya que potencia el apetito e ingesta de pienso, siendo de especial importancia en lechones destetados y cerdas lactantes al aumentar la deposición proteica. Asimismo, disminuye el estrés y la agresividad de los cerdos, observándose un mejor bienestar animal y relajación de los animales en momentos del ciclo productivo como el reagrupamiento o durante el transporte y antes del sacrificio. Finalmente, ante un estado de estrés inmunológico, el nivel de triptófano en sangre y la cantidad disponible para la síntesis de proteína muscular disminuye, por lo que se incrementan sus necesidades.

» Bibliografía

- BATTERHAM, E.S. Y WATSON, C. 1985. TRYPTOPHAN CONTENT OF FEEDS, LIMITATIONS IN DIETS AND REQUIREMENT FOR GROWING PIGS. ANIM. FEED SCI. TECHNOL., 13: 171-182.
- BURGOON, K.G.; KNABE, D.A. Y GREGG, E.J. 1992. DIGESTIBLE TRYPTOPHAN REQUIREMENTS OF STARTING, GROWING, AND FINISHING PIGS. J. ANIM. SCI., 70: 2493-2500.
- CAMPINO, C. 2008. MELATONIN REDUCES CORTISOL RESPONSE TO ACTH IN HUMANS REV. MED. CHIL., 136 (11): 1390-1397.
- EDER, K.; PEGANOVA, S. Y KLUGE, H. 2001. STUDIES ON THE TRYPTOPHAN REQUIREMENT OF PIGLETS, ARCH. ANIM. NUTR., 55: 281-297.
- EDER, K.; NONN, H.; KLUGE, H. Y PEGANOVA, S. 2003. TRYPTOPHAN REQUIREMENT OF GROWING PIGS AT VARIOUS BODY WEIGHTS. J. ANIM. PHYSIOL. ANIM. NUTR., 87: 336-346.
- ETTLE, T. Y ROTH, F.X. 2004. SPECIFIC DIETARY SELECTION FOR TRYPTOPHAN BY THE PIGLET. J. ANIM. SCI., VOL. 82 (4): 1115-1121.
- GUZIK, A.C.; SOUTHERN, L.L.; BIDNER, T.D. Y KERR, B.J. 2002. THE TRYPTOPHAN REQUIREMENT OF NURSERY PIGS. J. ANIM. SCI., 80: 2646-2655.
- GUZIK, A.C.; SHELTON, J.L.; SOUTHERN, L.L.; KERR, B.J. Y BIDNER, T.D. 2005. THE TRYPTOPHAN REQUIREMENT OF GROWING AND FINISHING BARROWS. J. ANIM. SCI., 83: 1303-1311.
- GUZIK, A.C.; MATTHEWS, J.O.; KERR, B.J.; BIDNER, T.D. Y SOUTHERN, L.L. 2006. DIETARY TRYPTOPHAN



Los procesos inflamatorios reducen la disponibilidad del triptófano para la síntesis de proteína corporal.

- EFFECTS ON PLASMA AND SALIVARY CORTISOL AND MEAT QUALITY IN PIGS. J. ANIM. SCI., 84: 2251-2259.
- HENRY, Y.; DUÉE, P.H.; RÉRAT, A. Y PION, R. 1986. DETERMINATION OF TRYPTOPHAN REQUIREMENT OF GROWING PIGS BETWEEN 15 AND 40 KG LIVE WEIGHT. NUTR. REP. INT., 34: 565-573.
- HENRY, Y. Y SÈVE, B. 1993. PRISE EN COMPTE DE L'EXCÈS ALIMENTAIRE D'ACIDES AMINÉS NEUTRES POUR LA CORRECTION DE L'EQUILIBRE DU TRYPTOPHANE, PAR RAPPORT À LA LISIEN, CHEZ LE PORC EN CROISSANCE. JOUR. RECH. PORCINE, 25: 247-251.
- KOOPMANS, S.J.; GUZIK, A.C.; VAN DER MEULEN, J. DEKKER, R. KOGUT, J.; KERR, B.J. Y SOUTHERN, L.L. 2006. EFFECTS OF SUPPLEMENTAL L-TRYPTOPHAN ON SEROTONIN, CORTISOL, INTESTINAL INTEGRITY, AND BEHAVIOR IN WEANLING PIGLETS. J. ANIM. SCI., 84: 963-971.
- LE FLOC'H, N. Y SÈVE, B. 2004. PHYSIOLOGICAL ROLES OF TRYPTOPHAN IN PIG NUTRITION. 2004. 12TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRODUCTION DISEASES, EAST LANSING (USA), 19-22 JUILLET
- LE FLOC'H, N.; MELCHIOR, D.; LE BELLEGO, L.; MATTE, J.J. Y SEVE, B. 2007. LE STATUT SANITAIRE AFFECTE-T-IL LE BESOIN EN TRYPTOPHANE POUR LA CROISSANCE DES PORCELETS APRÈS LE SEVRAGE?. 39ÈMES JOURNÉES DE LA RECHERCHE PORCINE.
- LI, Y.Z.; KERR, B.J.; KIDD, M.T. Y GONYOU, H.W. 2006. USE OF SUPPLEMENTARY TRYPTOPHAN TO MODIFY THE BEHAVIOR OF PIGS. J. ANIM. SCI., 84: 212-220.
- LIBAL, G.W.; UTTECHT, D.J. Y HAMILTON, C.R. 1997. TRYPTOPHAN NEEDS OF LACTATING SOWS FED DIETS SUPPLEMENTED WITH CRYSTALLINE LYSINE. J. ANIM. SCI., 75: 417-422.
- LIN, F.D.; SMITH, T.K. Y BAYLEY, H.S. 1986. TRYPTOPHAN REQUIREMENT OF GROWING SWINE AS DETERMINED BY THE OXIDATION OF AN INDICATOR AMINO ACID. J. ANIM. SCI., 62: 660-664.
- MELCHIOR, D.; MÉZIERE, N.; SÈVE, B. Y LE FLOC'H, N. 2004. LA RÉPONSE INFLAMMATOIRE DIMINUE-T-ELLE LA DISPONIBILITÉ DU TRYPTOPHANE CHEZ LE PORC?. JOURNÉES RECH. PORCINE.
- PAMPUCH, F.G.; PAULICKS, B.R. Y ROTH-MAIER, D.A. 2006. STUDIES ON THE TRYPTOPHAN REQUIREMENT OF LACTATING SOWS. PART 2: ESTIMATION OF THE TRYPTOPHAN REQUIREMENT BY PHYSIOLOGICAL CRITERIA. J. ANIM. PHYSIOL. ANIM. NUTR., 90 (11-12): 482-486.
- PEETERS, E.; DRIESSEN, B.; STEEGMANS, R.; HENOT, D. Y GEERS, R. 2004. EFFECT OF SUPPLEMENTAL TRYPTOPHAN, VITAMIN E AND AN HERBAL PRODUCT ON RESPONSES BY PIGS TO VIBRATION. J. ANIM. SCI., 82: 2410-2420.
- POLETTO, R.; MEISEL, R.L.; RICHERT, B.T.; CHENG, H.W. Y MARCHANT-FORDE, J.N. 2010. AGGRESSION IN REPLACEMENT GROWER AND FINISHER GILTS FED A SHORT-TERM HIGH-TRYPTOPHAN DIET AND THE EFFECT OF LONG-TERM HUMAN-ANIMAL INTERACTION. APPLIED ANIMAL BEHAVIOUR SCIENCE. VOL. 122 (2): 98-110.
- RUSSELL, L.E.; CROMWELL, G.L. Y STAHL, T.S. 1983. TRYPTOPHAN, THREONINE, ISOLEUCINE AND METHIONINE SUPPLEMENTATION OF A 12% PROTEIN, LYSINE-SUPPLEMENTED, CORN-SOY-BEAN MEAL DIET FOR GROWING PIGS. J. ANIM. SCI., 56: 1115-1123.
- SÈVE, B.; MEUNIER-SALAÜN, M.C.; MONNIER, M.; COLLÉUX, Y. Y HENRY, Y. 1991. IMPACT OF DIETARY TRYPTOPHAN AND BEHAVIORAL TYPE ON GROWTH PERFORMANCE AND PLASMA AMINO ACIDS OF YOUNG PIGS. J. ANIM. SCI., 69: 3679-3688.
- TREVISI, P.; MELCHIOR, D.; MAZZONI, M.; CASINI, L.; DE FILIPPI, S.; MINIERI, L.; LALATTA-COSTERBOSA, G. Y BOSI, P. 2009. A TRYPTOPHAN-ENRICHED DIET IMPROVES FEED INTAKE AND GROWTH PERFORMANCE OF SUSCEPTIBLE WEANLING PIGS ORALLY CHALLENGED WITH ESCHERICHIA COLI K88. J. ANIM. SCI., 87: 148-156.
- ZHANG, H.W.; YIN, J.D.; LI, D.F.; ZHOU, X. Y LI, X.L. 2007. TRYPTOPHAN ENHANCES GHRELIN EXPRESSION AND SECRETION ASSOCIATED WITH INCREASED FOOD INTAKE AND WEIGHT GAIN IN WEANLING PIGS. DOMEST. ANIM. ENDOCRINOL., 33 (1): 47-61.