

INFLUENCIA DE LA PERCEPCIÓN SENSORIAL SOBRE EL CONSUMO VOLUNTARIO EN LECHONES: PALATABILIDAD DE LAS MATERIAS PRIMAS EN PIENSOS DE INICIACIÓN

D. Solà-Oriol¹, D. Torrallardona² y J.F. Pérez¹

¹Servei de Nutrició i Benestar Animal (SNiBA), Facultat de Veterinària, Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Bellaterra. ²Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA), Centre Mas de Bover, 43120 Constantí

1.- INTRODUCCIÓN

El destete es una de los períodos más críticos en la vida del cerdo, con consecuencias severas sobre los rendimientos productivos a lo largo de todo el ciclo productivo. En condiciones comerciales los lechones son destetados a las 3 o 4 semanas de vida por razones económicas. Sin embargo, a esta temprana edad, el destete representa para el lechón un gran desafío, con numerosas agresiones entrelazadas de carácter social, ambiental, en forma de enfermedades e insuficiente inmunidad, o en forma de cambios bruscos en la alimentación (Lalles et al., 2007). Éste es quizás el período con mayor estrés para el lechón, y en el que es frecuente observar el descenso en el ritmo de ganancia de peso y consumo de alimento, alta incidencia de diarreas e incluso mortalidad (Bolhuis et al., 2009). Fraser et al., (1995) observaron que alrededor de un 30% de la variación en la edad al sacrificio se podía atribuir al tiempo que el lechón tarda en alcanzar los 25 kg de peso.

Entre los factores de estrés que simultáneamente se producen durante el destete podemos destacar la separación brusca de la madre, el transporte, el alojamiento en un nuevo espacio y un nuevo entorno microbiano, y la mezcla de lechones de diferentes

camadas. Este último cambio social provoca la aparición de interacciones negativas y agresiones entre animales durante varias horas con la única finalidad de establecer de nuevo la jerarquía dentro del grupo (Weary et al., 2008). En su conjunto el destete se traduce en un periodo difícil para los lechones por aprender a comer un alimento diferente y desconocido, y con ello, un descenso en el aporte de nutrientes y su capacidad digestiva.

En cuanto a la alimentación, el destete supone un cambio brusco de la leche materna a una ración mayoritariamente vegetal y sólida, con una composición, sabor, textura y digestibilidad muy diferente de la leche materna. El lechón debe aprender a comer cuando tiene hambre y a beber cuando tiene sed. La respuesta habitual en un gran número de animales es dejar de comer de una forma más o menos prolongada. Bruininx et al., (2002) observaron que algunos animales tardaban más de 15 h tras el destete en consumir alimento.

Para prevenir esta caída del consumo al destete los lechones deberían de empezar a comer cuanto antes, situación que es más factible si previamente se han familiarizado con el pienso durante la lactación. Esta es la base de la inclusión del “creep feed”. Berkeveld et al. (2007) en condiciones comerciales observaron una correlación positiva entre el consumo de pienso durante la lactación y el consumo de pienso durante la transición. Bruininx et al. (2002) observaron que un 50% de los lechones destetados, fundamentalmente aquellos que habían consumido pienso durante la lactación, empezaron a consumir pienso antes de las 4h post-destete. Sin embargo, aquellos individuos que no habían consumido pienso durante la lactación tardaron, como media, 2,9 h más en comenzar a consumir el pienso tras el destete.

Otra estrategia para incentivar el consumo tras el destete es utilizar ingredientes altamente palatables que estimulen la atracción del animal por el alimento y reduzcan el tiempo de retraso hasta el primer contacto con el pienso. En este objetivo se enmarca la incorporación de ingredientes lácteos, cereales altamente digestibles o tratados térmicamente, e ingredientes de origen animal. Sin embargo, y en contraste con la abundante información nutricional disponible, conocemos poco hasta ahora de las preferencias alimentarias de los cerdos en condiciones intensivas. Hasta el momento, la mayor parte de los estudios de este tipo se han basado en pruebas de libre elección, en la que los animales reciben la oferta simultánea de 2 piensos durante un tiempo variable.

Aunque sabemos que la aceptabilidad de la dieta puede afectar seriamente la regulación del consumo voluntario, la información relacionada con la regulación del consumo de alimento en lechones es compleja; quedando bastantes temas por contestar en este campo. En este capítulo nos proponemos describir aquellos aspectos de la dieta que pueden ser modificados en la formulación de la ración para mejorar la aceptabilidad de la

misma. A continuación pasaremos a definir algunos de los términos que vamos a utilizar durante la redacción de este capítulo; términos que a veces son utilizados sin mucha precisión, y que a nuestro entender facilitará la comprensión del texto.

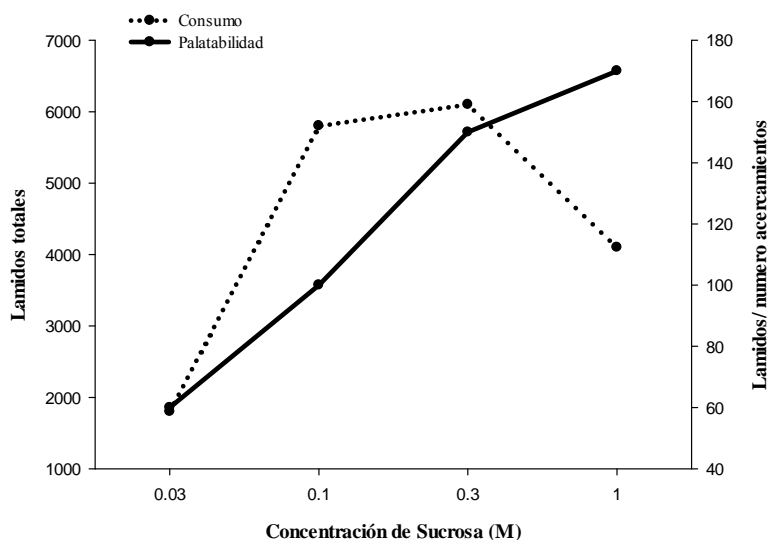
2.- QUÉ ENTENDEMOS POR PALATABILIDAD

La **palatabilidad** es un concepto aparentemente sencillo, pero complejo en su definición. La palatabilidad de un pienso no solo depende de las propiedades organolépticas de la dieta, sino también de la experiencia y antecedentes genéticos del animal en cuestión, su estado fisiológico, las condiciones ambientales y el contexto social. Una definición comprensiva podría ser: “el placer o hedonismo que un animal experimenta al consumir un determinado alimento o fluido”. Para poder medir este placer asociado al consumo, los test más utilizados son el test de reactividad, que mide las expresiones faciales en humanos y otros mamíferos, y el test del tamaño de clusters, que asocia en animales como las ratas la cantidad de lamidos que el animal realiza en un determinado número de acercamientos a una solución de bebida. Sin embargo, hasta el momento no nos consta el desarrollo de una metodología similar para medir palatabilidad de una dieta o solución en cerdos.

Según Forbes (2010), lo que realmente es crítico para entender e interpretar la palatabilidad es el método utilizado para medirla. Varios estudios en cerdos han tratado de medir la palatabilidad del pienso erróneamente, comparando los consumos de diferentes dietas en un periodo de tiempo (apetencia) o a través de test de preferencias, asumiendo que ambos se relacionan con la palatabilidad. Sin embargo el consumo y la palatabilidad presentan diferentes funciones. Un claro ejemplo lo encontramos en los trabajos realizados por Davis y Smith (1992) donde la palatabilidad de una solución altamente hedónica para la rata, como es la sacarosa, presenta una correlación lineal y positiva con el nivel de inclusión. Sin embargo, el consumo sigue una función en forma de “U” invertida (Figura 1). Mientras la respuesta en palatabilidad aumenta conforme crece el nivel de inclusión, el consumo llega a un máximo antes de alcanzar el máximo nivel de inclusión estudiado.

Por otra parte durante los test de preferencia se permite a los animales consumir y experimentar con las 2 opciones (de hecho animales como las ratas o el cerdo mezclan los fluidos dentro de su boca) cambiando la percepción de palatabilidad. De esta manera, si un fluido o pienso es más preferible o más consumido no significa necesariamente que sea más palatable. Por lo tanto, los test de preferencia o apetencia no son capaces de medir directamente la palatabilidad y la mayoría de estudios que asocian aspectos productivos tienden a confundir conceptos.

Figura 1.- Patrón de consumo y palatabilidad en ratas función de la concentración de sucrosa (compuesto altamente hedónico). Adaptada de Davis et al., (1992)



Teniendo en cuenta las contradicciones anteriores podríamos pensar que medir palatabilidad en animales de abasto como el cerdo puede resultar cuestionable, en la medida que no se relaciona estrictamente con el consumo. Sin embargo, no es de desdeñar la experiencia placentera o hedónica que el animal experimenta al consumir un alimento y las claves aromáticas asociadas al mismo. La incorporación de una pequeña cantidad de un compuesto palatable en un pienso poco atractivo puede mejorar su palatabilidad, aumentando su preferencia e incluso su aceptación.

La **preferencia**, como método de evaluación solo mide el mayor consumo de un alimento sobre otro (A sobre B) cuando ambos son ofertados simultáneamente; pero no presenta necesariamente una correlación directa con la palatabilidad ni con el consumo total (aceptación) que los animales mostrarán cuando el pienso sea administrado como única oferta.

Aceptación, es otro de los términos comúnmente utilizados en conducta alimentaria. La aceptación, se refiere a la cantidad absoluta de alimento consumida durante un tiempo determinado. Por el contrario **apetencia** respondería a la motivación que un determinado animal presenta para consumir y puede estar afectada tanto por el aprendizaje como por el contexto al momento del consumo.

Finalmente, hay otro concepto que puede afectar directamente a la medida de palatabilidad y al consumo en general, como es la reacción de rechazo frente a algo nuevo o **neofobia**. Los sabores o aromas que el animal explora e ingiere por primera vez son

identificados como un desafío, o una incertidumbre sobre sus consecuencias; y el animal puede reaccionar con neofobia (temor a lo nuevo) disminuyendo o inhibiendo su consumo. Progresivamente la neofobia desaparece en la medida que el animal consume pequeñas cantidades de alimento y asocia sus claves sensoriales (aroma, sabor, textura etc) con sus consecuencias (durante o hedónicas y tras el consumo o post-ingestivas) creando en el animal preferencias o aversiones condicionadas que perduran en el tiempo. Este aprendizaje asociativo puede aumentar la palatabilidad e incluso la apetencia de las claves asociadas. De esta manera, compuestos altamente preferidos como el sabor dulce y umami pueden ser utilizados, debido a su hedonismo y efectos post-ingestivos, para crear aprendizajes asociativos de claves neutras (como aromas, sabores, sonidos, etc) e incluso adversas asociadas a ellos (Ackroff y Sclafani, 2011) tal y como se verá más adelante.

En resumen, ya en 1998, Yeomans ofreció una excelente crítica del concepto de palatabilidad para humanos. Estableció que una de las mayores dificultades en la utilización de este término es que a menudo se utiliza como la capacidad del gusto y el olfato para aumentar el consumo de alimento; de manera que con frecuencia se comete el error de afirmar que un aumento en el consumo es debido a una mayor palatabilidad.

Lo que si debemos de tener en cuenta que no todo lo preferido o palatable tiene que ser lo más consumido, aunque una mayor palatabilidad puede ser determinante para conseguir un incremento en el consumo.

3.- ¿QUÉ HERRAMIENTAS TIENE EL LECHÓN PARA EVALUAR UN ALIMENTO?

3.1.- Sentidos periféricos

Las funciones de quimiorrecepción periférica actúan como sistemas de decodificación que permiten interpretar entre otros estímulos aquellos que son más relevantes al valor nutritivo de los alimentos. Los cinco sentidos pueden afectar a la aceptación, la preferencia y el consumo de alimento en el cerdo. Sin embargo, no todos los sentidos tienen la misma importancia. La vista está muy poco desarrollada en el cerdo. Los cerdos presentan visión dicromática (son capaces sólo de discriminar entre longitudes de onda cortas y largas) y no diferencian entre colores (Edge et al., 2004). Los sonidos pueden condicionar el comportamiento alimentario. Se ha comprobado que los sonidos maternos de llamada de los lechones para mamar estimulan el consumo de pienso y agua en lechones destetados. El cerdo es también capaz de responder frente a cambios de temperatura y de

textura del alimento, lo que es conocido como percepción somatosensitiva (Reiners et al., 2008; Sola-Oriol et al., 2009).

Sin embargo, junto a la percepción somatosensitiva, los dos sistemas de quimiorrecepción que tienen un papel más importante en el porcino son el sabor y el olfato. El sistema olfativo detecta los componentes del alimento que son suficientemente volátiles como para llegar al epitelio sensorial de la cavidad nasal. El sistema gustativo transmite al cerebro las propiedades químicas de los alimentos que no son asequibles para el olfato, sea porque sus constituyentes pesan demasiado o porque se encuentran cautivas en el agua o en los cuerpos grasos. Los elementos receptores del gusto son las células gustativas que se encuentran en la lengua y el paladar, y entran directamente en contacto con el alimento impregnado de saliva. Estas células gustativas preceden al último examen de las sustancias antes de entrar al tracto gastrointestinal.

3.2.- Sistema Olfativo

El olfato está presente en la mayoría de animales y en el cerdo, como en la mayoría de los mamíferos, se convierte en el sentido más importante justo al nacer (Morrowtesch y McGlone, 1990). Los compuestos volátiles (aromas), entre otras características, permiten identificar los alimentos y su valor nutricional. Algunos de los compuestos volátiles que estimulan el consumo de alimento en los animales contienen como precursores nutrientes esenciales (Goff y Klee, 2006).

Según Roura et al. (2008b) el cerdo y el perro, entre otros mamíferos no primates, son los que presentan mayor superficie de epitelio olfativo, así como de número de neuronas sensoriales respecto a los humanos. Entre los mamíferos con genoma conocido, los humanos presentan la menor cantidad de receptores olfativos (OR) (Gilad et al., 2004). Por ejemplo, el perro presenta entre 1100 y 1200 OR de los cuales el 75-80% son genes intactos o funcionales (Godfrey et al., 2004; Quignon et al., 2005). La vaca presenta un número de OR muy superior, pero solo un 54% parecen ser funcionales y los humanos presentan no más del 50% de genes relacionados con OR. Cuantitativamente los humanos y las aves presentan las mismas capacidades olfativas en término de superficie de epitelio y de receptores olfativos.

3.3.- Sistema Gustativo

El gusto se puede definir como el conjunto de sensaciones captadas por los quimiorreceptores situados principalmente en la cavidad bucal, y que en boca permiten al animal detectar compuestos nutritivos o tóxicos. La mayoría de mamíferos comparten

muchas similitudes en cuanto a la naturaleza y los mecanismos de acción que regulan los 5 sabores primarios (dulce, amargo, ácido, salado y umami). Está bien establecido que el sabor dulce responde a la identificación de carbohidratos (energía), umami responde a los aminoácidos (proteína), el salado respondería a cambios en el balance electrolítico, el amargo (posible indicador de compuestos tóxicos) y el ácido respondería a posibles compuestos característicos de alimentos en mal estado (Drewnowski y Gomez-Carneros, 2000).

Los receptores para los diferentes sabores anteriormente descritos se encuentran situados en los botones gustativos, las papilas gustativas, principalmente de la lengua, pero también en otras regiones de la cavidad bucal. Está bien establecida la presencia de receptores en los mamíferos para el sabor dulce, umami (Tedó, 2009) y amargo (Drewnowski y Gomez-Carneros, 2000; Heng et al., 2006; Mote et al., 2007). Recientemente se ha descrito la presencia de receptores gustativos a nivel de todo el tracto gastrointestinal del cerdo, tanto para el dulce (Mace et al., 2007), el umami (Roura et al., 2008a) y más recientemente el sabor amargo (Colombo et al., 2012).

En particular el cerdo difiere de otros mamíferos en el número de botones y papilas gustativas. Por ejemplo el cerdo, presenta mayor número de papilas fungiformes (500 vs 1600), circunvaladas (más de 10000 vs 6000) y foliadas (4800 vs 3000) respecto a los humanos (Hellekant y Danilova, 1999; Miller y Slade, 2003), situación que sugiere una mayor capacidad y desarrollo del sistema gustativo para detectar los diferentes compuestos contenidos en los alimentos.

Olfato y gusto representan una herramienta de gran valor para el cerdo y para su capacidad de detectar, seleccionar y decidir sobre el consumo de un alimento.

4.- ¿QUÉ LES GUSTA A LOS CERDOS?

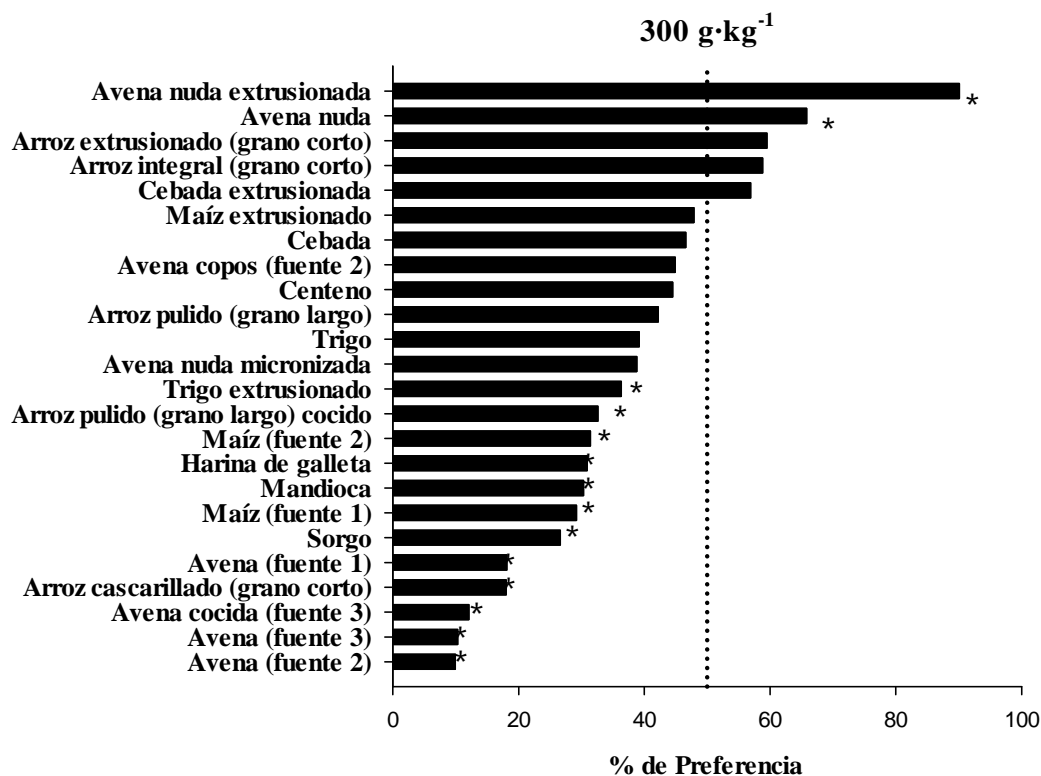
4.1.- En el caso de los cereales

Solà-Oriol et al. (2009) estudiaron la preferencia innata del cerdo por un amplio abanico de ingredientes comúnmente utilizados en las dietas para lechones. En estos trabajos se pudo observar que el cerdo es capaz de distinguir por vía oro-sensorial entre ingredientes que conforman una determinada dieta e incluso entre niveles de inclusión.

En la figura 2 se presenta la preferencia mostrada por los lechones ante diferentes cereales o ingredientes de base mayoritaria almidón, evaluadas a partir de un modelo de

doble elección donde se ofrecían dos dietas a la vez, cambiando solo un ingrediente, y siendo una de ellas la dieta de referencia con un 60% de arroz.

Figura 2.- Porcentaje de preferencia (% de consumo total) de los diferentes cereales ofrecidos en doble elección junto a la dieta de referencia. (*) Valores de preferencia diferentes del valor neutro (50%). Adaptado de Solà-Oriol et al., (2009)

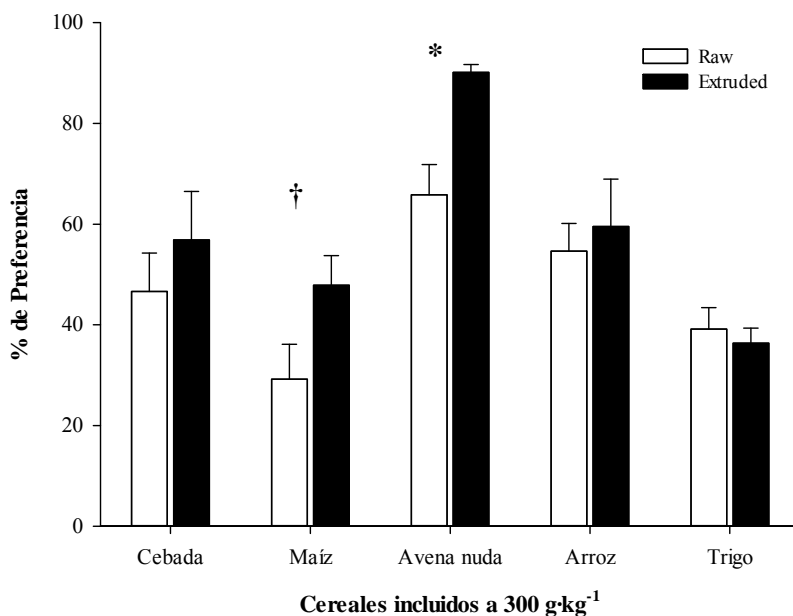


Los valores más altos de preferencia (>40%) respecto el arroz pulido se observaron para la avena variedad desnuda que al 30% de inclusión presentó unos valores de preferencia superiores al 60%. El centeno, la cebada, la mandioca, el trigo y la harina de galleta se situaron por debajo, con preferencias entre el 15 y 30%. Cereales como maíz, sorgo y arroz integral presentaron valores de preferencia inferiores al 15% en los diferentes niveles de inclusión estudiados. La avena entera presentó los valores de preferencia más bajos.

La extrusión es una práctica habitual que se realiza con la finalidad de mejorar la calidad de los cereales para dietas de lechones al destete. La estrategia muchas veces pensada para aumentar la digestibilidad de los nutrientes mejoró también la preferencia de los cereales, con excepción del trigo (Figura 3). La extrusión mejoró de forma importante los valores de preferencia del maíz y la avena (19 y 25 puntos porcentuales, respectivamente).

Figura 3.- Porcentaje de preferencia (% de consumo total) de los diferentes cereales ofrecidos en doble elección junto a la dieta de referencia. († P<0,10; *P<0,05).

Adaptado de Solà-Oriol et al., (2009)

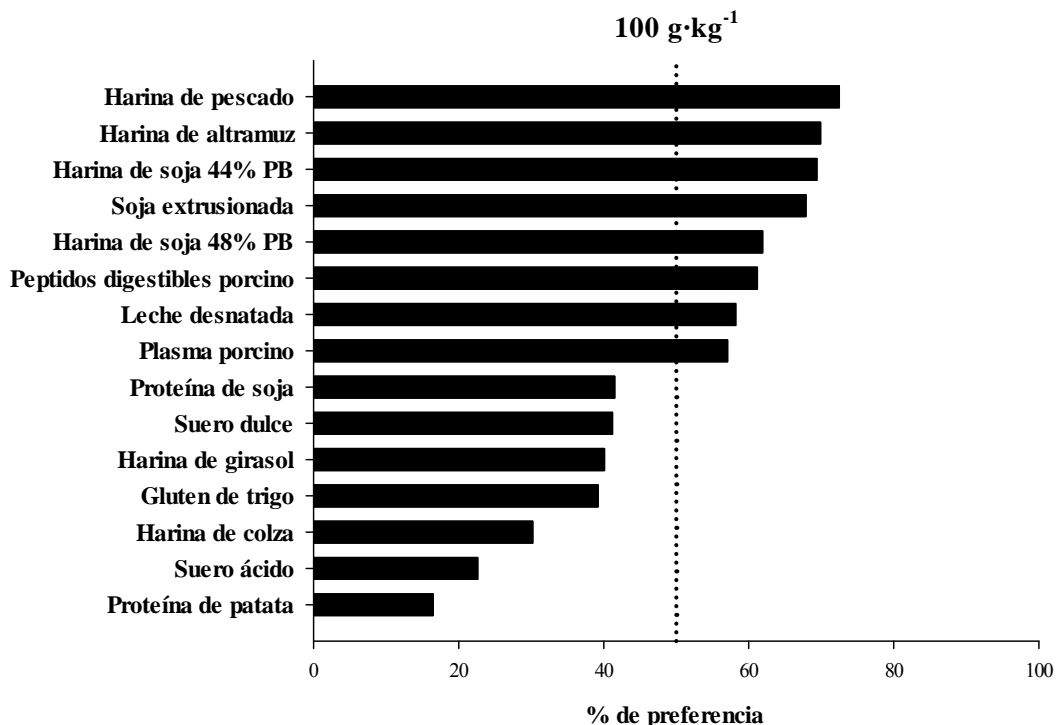


En el caso de subproductos de los cereales, Seabolt et al. (2010) observaron que los DDGs de maíz, a niveles de inclusión de hasta un 20%, reducían de forma lineal la preferencia de la dieta independientemente del origen y la calidad (alta o baja concentración de proteína) comparado con una dieta sin DDGs.

4.2.- En el caso de los concentrados proteicos

En la figura 4 se muestran los resultados de preferencia para diferentes concentrados proteicos al 10% de inclusión en comparación con un concentrado de proteína de soja (Sola-Oriol et al., 2011). Las harinas de pescado, altramuz y soja 44% PB presentaron los valores mayores de preferencia (>70%). En un segundo plano quedaron las fuentes de proteína de origen vegetal y los derivados lácteos (leche desnatada, el suero dulce, proteína de soja, el plasma porcino, el gluten de trigo y el suero ácido) con valores de preferencia entre 58 y 35%. Los péptidos digestibles de porcino (PDP), al 10% de inclusión, también quedaron dentro de este grupo; sin embargo, al 5% de inclusión el PDP lideró el ranking seguido de la harina de pescado con preferencias superiores al 75 y 72%, respectivamente (datos no presentados). La proteína de patata presentó la preferencia más baja (24% y claramente inferior respecto el valor neutro del 50%).

Figura 4.- Porcentaje de preferencia (% de consumo total) de las diferentes fuentes de proteínas ofrecidas en doble elección junto a la dieta de referencia. (*) Valores de preferencia diferentes del valor neutro (50%). Adaptado de Solà-Oriol et al., (2011)



Los resultados de este trabajo permitieron observar (datos no presentados) que al aumentar el nivel de inclusión de forma creciente (de 5 a 10%) la preferencia por las distintas fuentes de proteína se redujo, a excepción de la harina de pescado que mantuvo valores de preferencia altos (> 65%). Las reducciones más drásticas al incrementar la dosis de inclusión se observaron en aquellas fuentes de proteína donde algún factor antinutritivo puede afectar negativamente la preferencia como es el caso de la proteína de patata, la harina de colza y la harina de girasol.

Además, en estudios posteriores se observó una correlación positiva entre la preferencia por los distintos cereales con el nivel de glucosa liberada mediante un sistema de digestión *in vitro* ($r = 0,48$), con el contenido de energía digestible ($r = 0,54$), y el contenido de almidón ($r = 0,85$); y una correlación negativa con el contenido de fibra bruta ($r = -0,61$) y de polisacáridos no amiláceos ($r = -0,79$). Estos resultados podrían sugerir que durante el período de 4 días en los que se registró la preferencia, posiblemente los cerdos fueron capaces de aprender una cierta asociación con el sabor dulce derivado del almidón digerido procedente de las dietas estudiadas, ya sea por los receptores de la cavidad bucal o por los presentes a lo largo del tracto gastro-intestinal. La digestibilidad de

la materia orgánica y el almidón resultaron positivamente correlacionados con la preferencia de los cereales tanto a nivel ileal como fecal ($r < 0,80$) (Solà-Oriol et al., 2008; Sola-Oriol et al., 2007).

Para el caso de las fuentes de proteína estudiadas, se ha observado una correlación negativa entre la preferencia evaluada y el contenido en polisacáridos no amiláceos o factores antinutritivos, como alcaloides, glucosinolatos y lignina, como es el caso de la proteína de patata y las harinas de colza y de girasol respectivamente (FEDNA, 2010; INRA, 2002; NRC, 1998). Según Roura et al. (2008b), la presencia de ácidos fuertes, como sulfúrico y clorhídrico, presentes en los sueros de leche ácidos, puede afectar negativamente a la preferencia de ingrediente. Fuentes de proteína con altos niveles de aminoácidos libres, como en el caso de los péptidos digestibles de porcino o las harinas de pescado, pueden estimular los receptores umami (cuando presentan AA libres). El animal, capaz de percibirlos como una sensación positiva y nutritiva, responderá por encima de otras fuentes de proteína disponibles. A su vez el alto contenido en lactosa de los derivados lácteos explicaría la preferencia de estos ingredientes por encima de los de origen vegetal por su capacidad de estimular los receptores de dulce.

Los resultados anteriores reflejan diferencias apreciables entre ingredientes en la capacidad de generar preferencias en el pienso. Ingredientes como el arroz presentan mayor preferencia respecto al maíz en lechones al destete (Sola-Oriol et al., 2009), y lechones alimentados con dietas en base a maíz presentan menor consumo y peor crecimiento que lechones alimentados con una dieta base de arroz (Hongtrakul et al., 1998; Vicente et al., 2008). Roura et al. (2008b) sugirieron que los mejores crecimientos podrían explicarse por un mayor consumo de alimento, siendo la palatabilidad de la dieta uno de los factores más importantes que afecta tanto la duración de consumo como la frecuencia de comidas en lechones al destete. En esta línea algunos trabajos (Roura et al., 2007; Tedó et al., 2008) indican que la utilización de aromas altamente preferidos podrían ayudar a mantener la aceptabilidad de dietas para lechones al destete prescindiendo de determinados ingredientes comúnmente asociados con una alta palatabilidad pero a su vez con alto coste. Estos autores sugieren que al destete, la palatabilidad y la apetencia son los aspectos más importantes para alcanzar unos buenos rendimientos productivos.

5.- GENÉTICAMENTE INNATO O FRUTO DEL APRENDIZAJE

5.1.- Componente innato

Los resultados de preferencia presentados anteriormente (Sola-Oriol et al., 2009, 2011) fueron obtenidos en ensayos de doble elección de 4 días, lo que podría sugerir que no se trata de preferencias exclusivamente innatas. Es posible que el animal pueda haber pasado por un proceso de aprendizaje que identifique experiencias positivas o negativas previas tanto por exposición durante el período pre-natal como durante la lactación y transición. Así pues la predicción de los valores de preferencia resulta cuando menos complicada y a veces impredecible, especialmente cuando nos referimos a un pienso o a una matriz compleja.

La libertad de elegir y tomar decisiones sobre el consumo es especialmente importante en los animales omnívoros, como el cerdo, frente a otras especies genéticamente programadas para nutrirse de alimentos estrictamente definidos. El cerdo, como omnívoro que es, puede nutrirse de sustancias muy diversas, sean de origen animal o vegetal, y su dieta depende de las circunstancias en las que se encuentra. Para un omnívoro es más fácil completar la dieta y obtener los nutrientes necesarios pero, por contra el abanico de posibilidades le obliga a tener mecanismos para diferenciar posibles compuestos tóxicos de alimentos más nutritivos. De este modo, es posible que evolutivamente se hayan establecido mecanismos para la detección innata de diferentes compuestos nutritivos (sabor dulce y umami) frente a otros asociados a compuestos tóxicos (sabor amargo y ácido).

El concepto anterior establece la existencia de una posible respuesta innata o huella genética establecida a lo largo de la evolución (Goff y Klee, 2006), donde la mayoría de volátiles y claves sensoriales estarían directamente relacionados con la presencia de nutrientes (carbohidratos y aminoácidos) o determinados compuestos tóxicos (con sabor amargo). Kennedy y Baldwin (1972) observaron que el cerdo tenía afinidad por el sabor dulce asociado a carbohidratos como la sacarosa, la glucosa y la sacarina. Estos autores observaron una alta preferencia por la sacarosa y glucosa (>90%), siendo más variable la respuesta para la sacarina. Unos años más tarde, Danilova et al., (1999) establecieron que el cerdo presentaba una elevada respuesta nerviosa (medida por electro estimulación) frente a edulcorantes basados en carbohidratos como la fructosa, la sucrosa y la lactosa. En el 2000, Glaser demostró que el carbohidrato preferido por el cerdo entre los estudiados era la sacarosa, con una respuesta muy similar a la de los humanos. Estos resultados están directamente relacionados con la capacidad que tiene el cerdo para percibir el sabor dulce a través de receptores específicos como el heterodimer T1R1 y T1R2.

Recientemente, Tedó et al., (2009) caracterizó el heterodimero receptor del sabor umami tanto en la cavidad bucal del cerdo como a lo largo del tracto gastrointestinal, a la vez que observó una marcada preferencia *in vivo* para la mayoría de aminoácidos no esenciales, en especial el glutamato monosódico, L-glutamina y L-glicina. Por el contrario, la respuesta para los aminoácidos esenciales fue completamente distinta presentando incluso aversión a dosis elevadas. Edmonds et al., (1987) había observado respuestas negativas en el consumo y el crecimiento de los lechones desbalanceando los aminoácidos esenciales (4% en exceso) de forma individual (DL-Met, L-Trp, L-Arg, L-Lys y L-Thr).

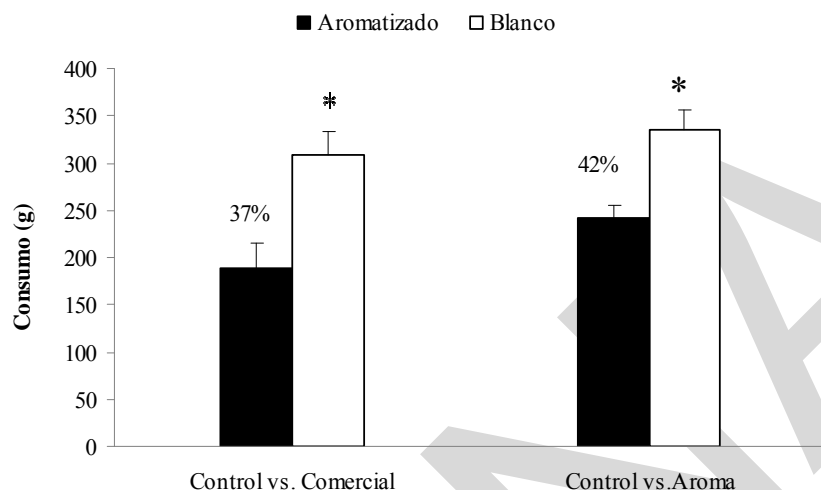
5.2.- Mecanismo para no envenenarse

Frente a las respuestas aparentemente innatas, los animales disponen de mecanismos de precaución hacia nuevos ingredientes, aromas o sabores. La neofobia es un fenómeno comúnmente descrito como aversión por algo nuevo, que en términos de nutrición animal se puede definir como rechazar o evitar el consumo de un alimento nuevo. Por definición, esta respuesta de rechazo a lo nuevo se elimina con la experiencia (familiaridad). En algunas ocasiones esta experiencia puede dar paso a un consumo normal de alimento o incluso preferencia si el animal relaciona su consumo con señales positivas a nivel hedónico y/o por la absorción de nutrientes en el tracto gastrointestinal (condicionamiento, Bowman y Sowell, 1997).

La neofobia es un hecho cuando se administran piensos pre-starter mayoritariamente de origen vegetal a lechones tras el destete y muy diferentes de la leche materna. En condiciones prácticas, el lechón recibe habitualmente el primero pienso durante la lactación, lo que se denominan piensos “creep-feed”. Se trata de piensos de elevada digestibilidad y con una presencia importante de ingredientes lácteos; en numerosas ocasiones se incorporan aromas con la pretensión de incrementar la atracción y apetecibilidad de los mismos.

Sin embargo, la experiencia demuestra que los lechones no siempre responden de la misma manera. Figueroa et al. (2010b) observaron una clara preferencia al consumo de piensos creep-feed “blancos” frente a los mismos piensos suplementados con aromas o incluso al propio lacto-iniciador comercial utilizado en la explotación (Figura 5). Éste sería un claro ejemplo de respuesta neofóbica, en una etapa donde sería conveniente que el lechón tomara contacto con el pienso sólido lo antes posible. La adición de productos desconocidos o nuevos para el lechón puede dificultar la aproximación al pienso e incluso provocar el rechazo inicial de una dieta formulada como ideal desde el punto de vista nutritivo.

Figura 5.- Consumo de pienso y porcentaje de preferencia (% de consumo total) de un pienso comercial y de un pienso aromatizado (control+ aroma) ofrecidos en doble elección junto a la dieta control durante la lactación. Adaptado de Figueroa et al., (2010b)



Frente a la neofobia, el aprendizaje puede reducir el impacto negativo de las reacciones neofóbicas. Algunos autores sugieren que este aprendizaje se adquiriría presentando al animal de forma temprana las nuevas claves aromáticas de los ingredientes con consecuencias positivas, de tal manera que induzcan el reconocimiento del alimento e incrementen su consumo (Ackroff y Sclafani, 2011; Hepper y Wells, 2006; Mennella et al., 2001; Oostindjer et al., 2009).

5.3.- Las posibilidades que ofrece el aprendizaje

Después de tomar contacto con un alimento, el animal aprende si las consecuencias asociadas a dicho alimento son positivas o negativas, desencadenándose en su sistema nervioso un aprendizaje asociativo que en adelante relaciona (a salvo de nuevos aprendizajes) las claves sensoriales del alimento con el beneficio (hedónico y/o post-ingestivo) o perjuicio del mismo. Este proceso es un mecanismo que evolutivamente se ha establecido para facilitar la búsqueda de alimento haciéndola más eficiente y adaptativa.

Los mamíferos, entre ellos el cerdo, son capaces de conocer que alimentos escoger y consumir mediante preferencias establecidas a través del aprendizaje materno que se establece durante la gestación y/o lactación (Mennella et al., 2001), ya sea, por ensayo y error o experiencia directa individual con un determinado alimento y sus consecuencias

(Dwyer et al., 2009; Myers y Sclafani, 2006), o a través del aprendizaje social que adquieren con el contacto directo o indirecto con otros animales (Galef y Whiskin, 2004). En este apartado dedicaremos una breve revisión al aprendizaje materno y el aprendizaje por ensayo y error.

5.3.1.- Aprendizaje Materno

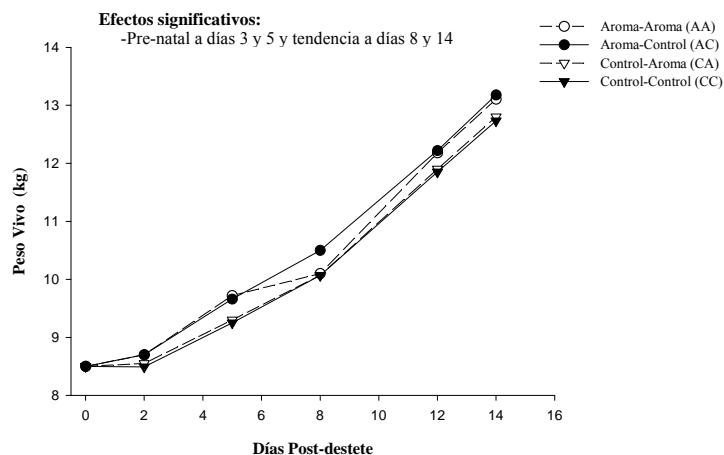
El aprendizaje materno es anterior al nacimiento puesto que durante la gestación se ha señalado que algunos compuestos que consume la madre llegan hasta el líquido amniótico. Al explorar el ambiente y consumir alimentos durante la gestación, las hembras transmiten claves al líquido amniótico (Mennella et al., 2001). En la fase tardía de la gestación, el feto que ingiere líquido amniótico, ya dispone de un sistema quimiosensorial suficientemente maduro que le permite detectar en fase líquida las claves aromáticas y gustativas. Es probable que la simple exposición de la mucosa olfativa y los receptores gustativos con los compuestos en solución en el líquido amniótico cree una familiarización suficiente como para generar preferencias, sin necesidad de procesos de refuerzo. Mennella y Beauchamp (2002) sugieren que se da una memorización por parte del feto in útero de la experiencia sensorial que se conserva después del nacimiento.

Tras el nacimiento, el aprendizaje continúa a través de la leche. El poder hedónico y post-ingestivo de la leche materna junto con el placer relacionado con el amamantamiento pueden crear un aprendizaje asociativo con las claves aromáticas que contiene dicha leche (Hepper y Wells, 2006). Por último, el cerdo y otros mamíferos son capaces de aprender por imitación mientras recorren el ambiente junto a sus madres explorando nuevos lugares de consumo al igual que nuevos alimentos (Oostindjer, 2011).

En el cerdo, las referencias al aprendizaje prenatal se remontan a Campbell (1976), quién comprobó que los lechones preferían consumir dietas que su madre había ingerido durante la gestación. Sin embargo, hasta hace poco no existían nuevos trabajos. Oostindjer et al. (2009) al utilizar aroma de anís en las dietas de cerdas gestantes, detectó un efecto general del anís sobre el bienestar y consumo de pienso tras el destete, pero no fue capaz de visualizar una preferencia hacia el pienso con anís respecto a un pienso con un aroma control (Oostindjer et al., 2010). Con todo, aquellos lechones previamente expuestos durante la fase pre-natal (gestación tardía) presentaron mayor consumo (Figura 6) y ganancia de peso, así como menor incidencia de diarreas a los primeros días tras el destete frente a lechones no expuestos previamente al aroma. Además se pudo observar que se reducían las agresiones y peleas típicas justo después del destete. Estos autores concluyeron que la exposición pre-natal, que no la post-natal (vía leche), al aroma de anís a través de la dieta materna podía ayudar a reducir los problemas asociados con el destete por un

descenso en el nivel de estrés tras el destete en aquellos animales que se reencontraban con el aroma.

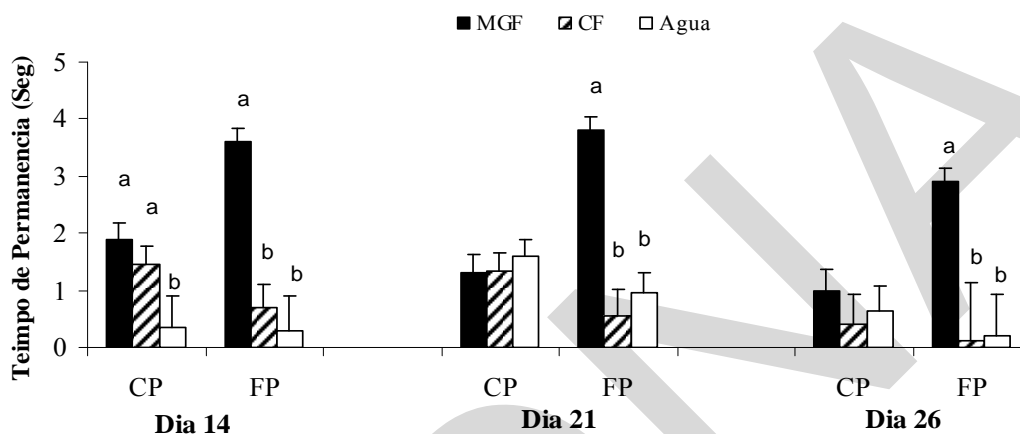
Figura 6.- Evolución del Peso Vivo durante los primeros 14 días post-destete para lechones que fueron expuestos a aroma de anís tanto durante el período pre- como post-natal (AA), pre-natal (AC), post-natal (CA), o nunca (CC). Adaptado de Oostindjer et al., (2010)



En un trabajo realizado recientemente en nuestro grupo, Figueroa et al., (2011) observaron que la exposición pre-natal de claves aromáticas a través de la dieta de la cerda durante la gestación tardía (MGF, Figura 7) aumentó la preferencia mostrada por los lechones por dichos aromas frente a otro aroma control (CF) en el agua en los días 14, 21 y 26 de vida. Las preferencias adquiridas antes del nacimiento se mantuvieron, incluso 2 días después del destete (26 días de edad), e incorporando los aromas al pienso.

En otro estudio siguiendo la misma hipótesis, Figueroa et al. (datos no publicados) estudiaron en qué medida la inclusión de hidrolizado de mucosa intestinal porcina (PDP), una fuente de proteína de origen animal altamente preferida por los lechones (Sola-Oriol et al., 2011) en las dieta para cerdas durante la gestación tardía y la lactación podía actuar de una forma pasiva como clave para un aprendizaje pre- y post-natal. Los resultados mostraron que al incorporar posteriormente el mismo concentrado proteico en los piensos de transición, los lechones “condicionados” mostraron un mayor consumo de pienso y ganancia media diaria a partir de la segunda semana de transición, así como un 4% más de peso vivo a final de transición que los lechones de madres que no habían recibido el mismo ingrediente.

Figura 7.- Tiempo de permanencia en contacto con tiras impregnadas con diferentes soluciones (Aroma de la dieta materna de gestación (MGF), aroma control (CF) y agua) en función de la exposición prenatal de los aromas durante los últimos 15 días de gestación (CP, lechones provenientes cerdas que consumieron pienso control en gestación o FP, lechones provenientes de cerdas que consumieron pienso con aroma en gestación). Las medias del mismo día y grupo con letras diferentes son estadísticamente distintas ($p < 0.05$); Adaptado de Figueroa et al., (2010a)

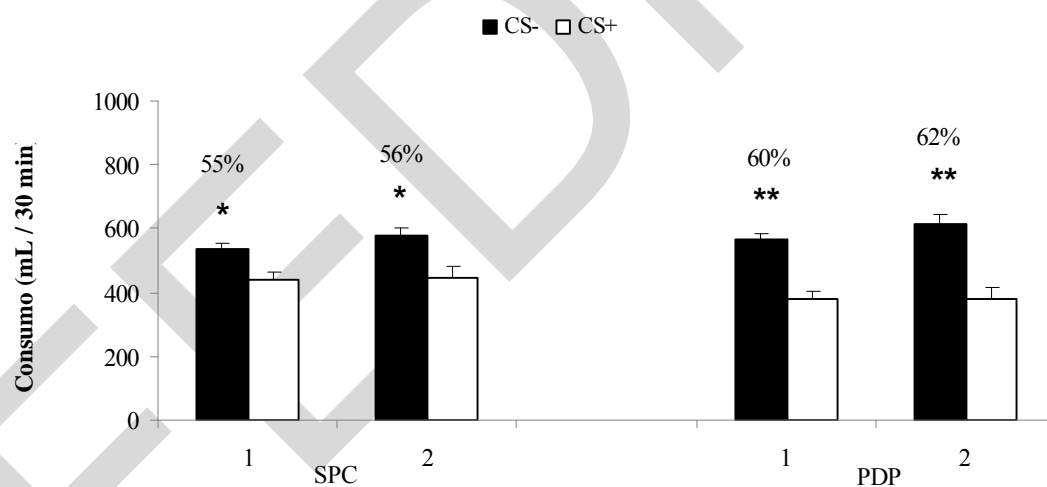


5.3.2.- Aprendizaje por ensayo y error. Importancia de la respuesta post-ingestiva

El aprendizaje por ensayo-error hace referencia a la capacidad de los animales de modificar sus consumos o preferencias tras haber experimentado el consumo del alimento, ya sea por su experiencia sensorial (hedónica por ejemplo) o asociada a la respuesta digestiva o de absorción de nutrientes. Compuestos altamente preferidos, como el sabor dulce y umami, son utilizados para incrementar la palatabilidad e ingesta de las dietas pero también pueden crear aprendizajes asociativos de claves neutras (como aromas, sabores, sonidos, etc) asociadas a ellos, debido a su hedonismo y efectos post-ingestivos (Ackroff y Sclafani, 2011). El aprendizaje asociativo de un flavor (sabor + olor) se explica generalmente en términos del condicionamiento clásico propuesto por Pavlov en donde el flavor actuaría como un estímulo condicionado (CS) que sería asociado con las consecuencias biológicas de la ingesta de un alimento o estímulo incondicionado (US) (Myers y Sclafani, 2006). Se ha observado que las ratas al asociar el efecto positivo de un carbohidrato con un aroma neutro muestran preferencias marcadas y de larga persistencia por el aroma asociado. Estas preferencias comúnmente se miden ofreciéndoles a los animales la opción de elegir entre el aroma previamente asociado al estímulo incondicionado (CS+) frente a un aroma no asociado con él pero ofrecido previamente el mismo número de ocasiones.

El poder de condicionamiento que puede tener un nutriente puede actuar a través de su hedonismo (sabor dulce) o su efecto post-ingestivo (energía, u otros nutrientes). Ambos tipos de aprendizaje suelen ocurrir juntos durante la ingesta. Existe, sin embargo, evidencia que preferencias condicionadas a través del efecto nutricional son mucho más resistentes a la extinción, y significativamente más palatables (Dwyer et al., 2009). Los cerdos poseen habilidades para ser condicionados (Gielsing et al., 2011), sin embargo existen muy pocos trabajos de condicionamiento clásico en el cerdo. Recientes estudios vuelven a mostrar posibles efectos del condicionamiento con sacarosa sobre preferencias por aromas en animales destetados (Clouard et al., 2012). En nuestro grupo hemos comprobado que los lechones destetados son capaces de adquirir preferencias por aromas condicionados a través del aprendizaje asociativo con el efecto post-ingestivo de la sacarosa (Figueroa et al., 2012b) (Figura 8, tests 1 y 2).

Figura 8.- Consumo de CS+ y CS- durante los 30 minutos de los test de preferencia (Test 1 y 2) al mezclar los aromas en agua de bebida tras ser condicionado (CS+) o no (CS-) previamente con un concentrado proteico de soja (SPC) o con un hidrolizado de mucosa intestinal (PDP). Adaptado de Figueroa et al. (2012b)



Sin embargo, resulta difícil desligar si los efectos de condicionamiento vienen determinados por su asociación con la respuesta hedónica o con la respuesta post-ingestiva que, como es lógico, vienen asociadas de forma positiva o negativa en el mismo estímulo incondicionado.

5.4.- La importancia del efecto post-ingestivo en el consumo

Forbes 2010 utilizó como ejemplo para explicar el poder post-ingestivo el trabajo de Blair y Fitzsimo (1970) en el que incorporaron una sustancia amarga en la dieta de cerdos en crecimiento-engorde. Tal y como se ha descrito anteriormente el cerdo detecta de forma

innata el sabor amargo y claramente presenta una marcada aversión al mismo, por lo que los animales rechazaron el pienso en un principio. Posteriormente, y en ausencia de elección los animales tendieron a acercarse otra vez a probar y consumir pequeñas cantidades de alimento, hasta que alcanzaron un consumo normal al cabo de pocos días. Aún siendo un pienso nada palatable para el cerdo, los animales aprendieron gradualmente que el pienso no les provocaba ningún problema y a su vez era nutritivo (no tóxico) con lo cual empezaron a consumirlo. Esto evidencia que tanto el poder hedónico (asociado a una preferencia innata) como el poder post-ingestivo pueden intervenir en el patrón de consumo de los animales. Sin embargo, el efecto post-ingestivo prevalece y genera, a medio plazo, una respuesta más resistente a la extinción que la asociación aroma-aroma (Harris et al., 2004). En ratas incluso se ha demostrado que un aroma condicionado por vía post-ingestiva puede llegar a ser más palatable que si es condicionado por vía hedónica (Myers y Sclafani, 2001a, b).

El cerdo actual, un animal con un enorme potencial de crecimiento, puede llegar a ser un buen candidato al condicionamiento por los efectos post-ingestivos. En este sentido Figueroa et al., (2012a) demuestran que los lechones son capaces de generar preferencia por un aroma en mayor medida debido a los efectos post-ingestivo de la sacarosa o la proteína (péptidos digestibles de porcino; PDP) que por el poder fundamentalmente hedónico de la sacarina o el glutamato monosódico (MSG). Estos resultados indicarían que el lechón es capaz de cambiar su preferencia a nivel sensorial como respuesta al efecto post-ingestivo asociado a un determinado nutriente.

Para profundizar en este tema, nos propusimos estudiar si el lechón realmente podía realizar elecciones inteligentes y escoger aquello que realmente necesita o le conviene. En este experimento hipotetizamos que ante ensayos de doble elección, los animales escogerían entre 2 raciones con diferente balance electrolítico (incluía bicarbonato sódico y carbonato cálcico o cloruro cálcico como fuente de Ca) en función de su estatus metabólico de ácido o base. Paradójicamente se obtuvieron resultados inesperados. Los animales prefirieron desde un principio la ración alcalina (con bicarbonato sódico y carbonato cálcico) sobre la acidógena (CaCl_2 ; ver figura 10). Sin embargo, cuando la ración se ofertó como alimento único, el consumo y crecimiento de los animales que recibieron la ración acidógena (CaCl_2 ; menor balance electrolítico) fue mayor (cuadro 1). Los animales preferían consumir la dieta alcalina, con mayor porcentaje de bicarbonato y carbonato cálcico. Es posible que el cloruro cálcico tenga un sabor poco atractivo.

Figura 9.- Consumo de soluciones aromatizadas CS+ y de CS- durante 30 min. de test de libre elección (Test 1,2 y 3) en lechones previamente entrenados con un aroma (CS+, ofrecido junto a PDP (4%, figura A) o sacarosa (4%, Figura B)) y otro aroma (CS-, ofrecido junto a MSG (100Mm, figura A) o Sacarina (0,08%) + sacarosa (1%), figura B). Adatado de Figueroa et al., (2012a)

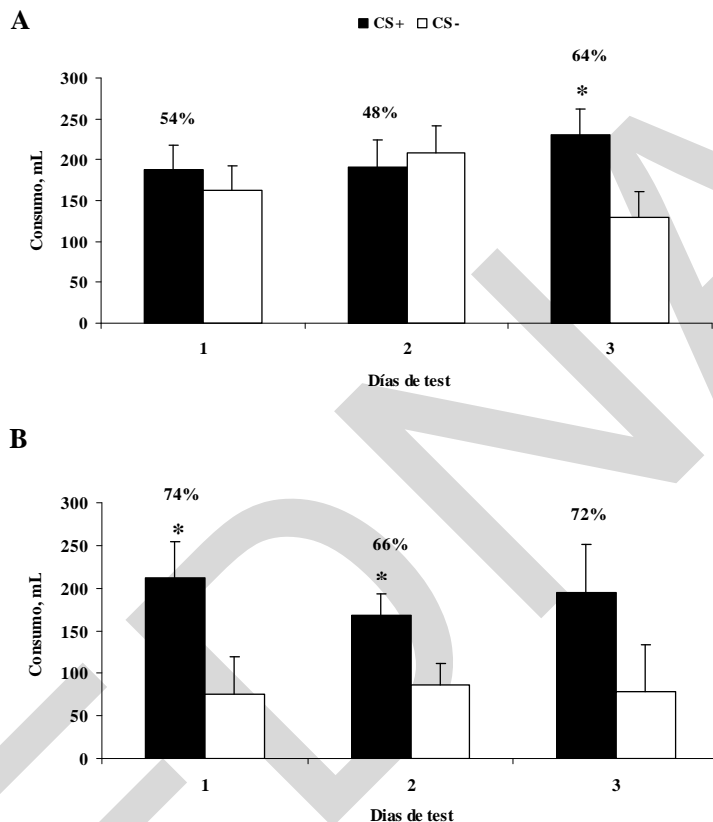
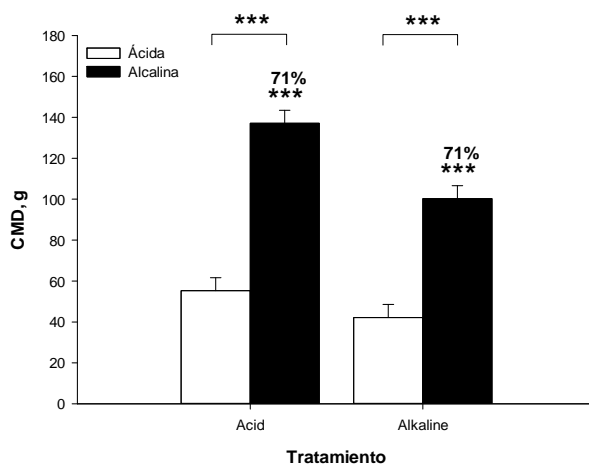


Figura 10.- Consumo de la ración ácida y alcalina en estudios de doble elección, tras un período de 10 días consumiendo una dieta ácida o alcalina. Las significaciones por encima de las barras indican consumos diferentes. Los asteriscos asociados a los porcentajes de preferencia indican que son diferentes del valor neutro de preferencia 850%). Guzmán-Pino et al, (2012) datos no publicados.



La evaluación posterior de la capacidad tampón del pienso confirmó que la dieta alcalina neutralizaba una mayor cantidad de miliequivalentes de ácido (290 vs 73 meq), con la diferencia determinada fundamentalmente por el bicarbonato sódico y, en menor medida, por el carbonato cálcico. Es posible, que más allá del balance electrolítico de la dieta y el estatus metabólico de los propios animales, los lechones sean sensibles a las sensaciones que reciben de su propio tracto digestivo, y de lo que ocurre durante la digestión. La dieta ácida puede favorecer la digestión y la posterior utilización de nutrientes, aparte de actuar como una barrera natural frente a patógenos. Es posible que estas señales post-ingestivas locales prevalezcan y una dieta inicialmente rechazada desde un punto de vista orosensorial, acabe siendo consumida en mayor medida cuando se ofrece como dieta única, lo que estaría de acuerdo con los trabajos de Blair y Fitzsimo (1970). De nuevo, estos resultados nos sugieren la necesidad de tratar los datos de preferencia con precaución.

Cuadro 1.- Efecto de ofrecer una dieta ácida o alcalina sobre los rendimientos productivos de lechones a final de la transición (21 a 33 días post-destete). Guzmán-Pino et al, (2012) datos no publicados.

Parámetros	Ácida	Alcalina	P-valor
Días 21 a 28			
PV inicial, kg	11,27	11,34	0,90
CMD, g/d	669	614	< 0,05
CMD días 28 a 33, g/d	1260	1233	0,49
Días 21 a 33			
GMD, g/d	503	438	< 0,01
CMD, g/d	907	864	0,11
Total CMD, g/d	904	859	0,08
IC	0.55	0.51	< 0,01
PV Final, kg	17,32	16,60	0,29

Una respuesta similar podría ser la que se observa en los lechones que reciben niveles muy elevados de óxido de zinc en el pienso (2000-2500 ppm), con un sabor que el cerdo generalmente rechaza en estudios de doble elección (Davin et al., 2012). Sin embargo, el incremento en el consumo de pienso es uno de los efectos descritos en la incorporación de ZnO en los piensos tras el destete (Hollis et al., 2005). Otro ejemplo podrían ser los resultados presentados por diferentes autores para el caso de la fibra en los animales jóvenes, un componente que en trabajos previos (Sola-Oriol et al., 2011) se ha

relacionado con descensos en la palatabilidad. Por ejemplo, Mateos et al. (2006) observaron una interacción entre el tipo de cereal y la inclusión de cascarilla de avena como fuente de fibra en las dietas para lechones al destete. La incorporación de cascarilla de avena incrementó los consumos de dietas formuladas en base a arroz; como así lo hizo también en un estudio posterior la suplementación de salvado de trigo y pulpa de remolacha en dietas que contenían mayoritariamente arroz (Hermes et al., 2009). Es posible que suplementar con fibra para alcanzar los requerimientos de fibra mínimos de un 6% FND para lechones de entre 6 y 12 kg, permita mejorar los procesos digestivos actuando como señal post-ingestiva positiva para el lechón y refuerzo al consumo de la dieta en cuestión.

Suárez et al. (2010a) estudiaron la preferencia de dietas con diferentes ácidos orgánicos y sus sales frente a una dieta sin ellos y observaron mejoras significativas para los ácidos cítrico y tartárico, así como para diformiato potásico y propionato sódico. Por el contrario, la preferencia se vio negativamente afectada por los ácidos acético, caproico, butírico, caprílico, fórmico, láctico, fosfórico, propiónico y succínico y por la adición de formiato cálcico. En otro estudio, Suárez et al. (2010b) confirmaron la reducción de la preferencia de las dietas con la adición de ácidos fórmico y láctico, pero también observaron que dicha reducción no se producía cuando se añadían las sales cálcicas correspondientes de dicho ácidos.

También se han realizado estudios de preferencia de dietas con niveles crecientes de aminoácidos libres ofrecidas a lechones con diferentes estados nutricionales previos respecto al aminoácido estudiado (deficiencia, equilibrio o exceso durante la semana previa al test de preferencia). Se han observado preferencias por la adición de lisina-HCl (Suárez et al., 2011b) y DL-metionina (Suárez et al., 2011c), que no se veían afectadas por el estado nutricional previo. Para L-triptófano, por el contrario, Suárez et al. (2011a) observaron una aversión significativa, la cual era también independiente del estado nutricional previo. Estos resultados sugieren que la preferencia o aversión por estos aminoácidos no está condicionada por el estado nutricional del lechón. En el caso de L-treonina se observó sin embargo, que los lechones desarrollaron una preferencia por el aminoácido sólo cuando habían consumido previamente una dieta con treonina en exceso (Suárez et al., 2011c). Los mecanismos por los cuales se producen las distintas respuestas dependiendo de la naturaleza del aminoácido requieren estudios adicionales.

6.- EL PODER DEL HEDONISMO CUANDO EL CERDO PUEDE ESCOGER

Como se ha mencionado, el cerdo es capaz de detectar el sabor dulce o el sabor umami, ambos despertando un claro hedonismo que se asocia a preferencias altas y

consistentes, pero también es capaz de percibir los sabores amargos y ácidos, generalmente asociados a tóxicos. Al igual que para los humanos, un alimento que combina los caracteres graso y dulce puede ser preferido frente a alimentos amargos que con frecuencia, son rechazados. Los recién nacidos manifiestan respuestas respectivas de aceptación y rechazo sobre estos sabores. Se conoce que los niños de entre 3 y cinco años clasifican sus alimentos según sean familiares o dulces, o, a la vez, familiares y dulces. A diferencia de los adultos, la curva de aceptación de sacarosa en niños no presenta un óptimo; eligen sistemáticamente las concentraciones de azúcar más elevadas. Por el contrario, la preferencia de los adultos tiende a bajar a concentraciones elevadas. Las grasas sin embargo se traducen en una sinergia sensorial graso-dulce. Así el valor hedónico culmina con la mezcla de crema y azúcar en una proporción del 20% de crema y el 8% de sacarosa. Esta valorización hedónica puede tratarse de una situación adaptativa, dado que incita a los individuos a consumir comidas ricas en energía, fundamentalmente en aquellas etapas de crecimiento más elevado. En ratas está bien establecido el poder hedónico de la sacarosa e incluso de otros carbohidratos más complejos. Se ha demostrado que la respuesta hedónica de la sacarosa a niveles elevados (32%) es tan fuerte que el animal es incapaz de regular esta respuesta llegando incluso al estado de sobrepeso (Sclafani y Xenakis, 1984).

Sin embargo, si estas respuestas son tan lógicas, cabría plantearse la idea de si el cerdo es capaz de modular la elección entre ingredientes (energéticos y proteicos) para optimizar la absorción de nutrientes y mejorar su crecimiento. Recientemente, realizamos en nuestro grupo un ensayo en el que se ofreció a los lechones junto al agua de bebida y pienso *ad libitum* una solución de sacarosa altamente concentrada (16%) a voluntad durante 12 días (Guzman et al., datos no publicados). Observamos que el poder hedónico de la sacarosa era tan fuerte que los lechones la consumieron con avidez llegando a penalizar significativamente el consumo de alimento y, por lo tanto, de proteína y resto de nutrientes. Como consecuencia, el crecimiento de estos animales se redujo a valores de 202 g/lechón/día frente al mostrado por los animales que recibían el tanque de agua (325 g/lechón/día). En consecuencia, parece que los cerdos como los humanos, distamos con frecuencia de realizar una elección “inteligente” de nuestros alimentos, si consideramos como inteligente la capacidad de escoger aquello que más nos conviene.

Por otro lado, Solà-Oriol et al. (2008) observó que la liberación de glucosa podría explicar en parte la variabilidad observada en las preferencias evaluadas para diferentes cereales comúnmente utilizados en las dietas para lechones. Estos autores observaron una correlación lineal positiva ($r = 0,48$) entre la capacidad de liberación de la glucosa (degradación del almidón) y la preferencia previamente obtenida para los diferentes cereales.

7.- CONCLUSIÓN GENERAL

En este capítulo se han mostrado ejemplos de diferentes reacciones (en forma de consumo voluntario) en el cerdo como respuesta a la palatabilidad, la aceptación al consumo o la apetencia del pienso. En su conjunto, dichas reacciones dependen de la composición del pienso pero también de la experiencia previa y estado metabólico del animal. Como en otros mamíferos, los cerdos prefieren de manera innata sabores como el dulce o el umami, y rechazan inicialmente sabores como el amargo, el ácido o los sabores nuevos y desconocidos (neofobia). Sin embargo, el contacto previo (familiaridad) o la asociación con sensaciones positivas de carácter hedónico o post-ingestivo (condicionamiento) pueden modular la aceptación inicial del animal a consumir un “nuevo” alimento. Esta capacidad de aprendizaje ofrece oportunidades que el sector porcino puede intentar aprovechar a través del aprendizaje prenatal o por condicionamiento nutritivo para, por ejemplo, favorecer la iniciación al consumo en el momento del destete o la entrada a los cebaderos. Sin embargo, estos mismos resultados sugieren que, a medio o largo plazo, cuando se oferta un único pienso, el consumo observado tiene mayor relación con el equilibrio nutritivo de la ración que con sus aspectos químico-sensoriales.

8.- REFERENCIAS

- ACKROFF, K. y SCLAFANI, A. (2011) *Physiology & Behavior* 104, 488-494.
- BERKEVELD, M. et al. (2007) *Journal of Animal Science* 85, 258-266.
- BLAIR, R. y FITZSIMO, J. (1970) *Animal Production* 12, 529-&.
- BOLHUIS, J.E., OOSTINDJER, M., VAN DEN BRAND, H., GERRITS, W.J. J. y KEMP, B. (2009) En: *Voluntary feed intake in pigs*. D. Torrallardona y E. Roura (eds.) pp. 35-58. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands.
- BOWMAN, J.G.P. y SOWELL, B.F. (1997) *Journal of Animal Science* 75, 543-550.
- BRUININX, E. et al. (2002) *Journal of Animal Science* 80, 1413-1418.
- Campbell, R.G. (1976) *Animal Production* 23, 417-419.
- CLOUARD, C., CHATAIGNIER, M., MEUNIER-SALAUEN, M.C. y VAL-LAILLET, D. (2012) *Applied Animal Behaviour Science* 136, 26-36.
- COLOMBO, M., TREVISI, P., GANDOLFI, G. y BOSI, P. (2012) En: *12th International Symposium of Digestive Physiology of Pigs*, Keystone, Colorado, USA.
- DANILOVA, V., ROBERTS, T. y HELLEKANT, G. (1999) *Chemical Senses* 24, 301-316.
- DAVIN, R., MANZANILLA, E.G., FIGUEROA, J., SOLÀ-ORIO, D. y PÉREZ, J.F. (2012) En: *3r European Symposium of Porcine Health Management (ESPHM)*, Espoo, Finland.
- DAVIS, J.D. y SMITH, G.P. (1992) *Behavioral Neuroscience* 106, 217-228.

- DREWNOWSKI, A. y GOMEZ-CARNEROS, C. (2000) *American Journal of Clinical Nutrition* 72, 1424-1435.
- DWYER, D.M., PINCHAM, H.L., THEIN, T. y HARRIS, J.A. (2009) *Learning & Behavior* 37, 305-310.
- EDGE, H.L., BORNETT, H.L.I., NEWTON, E. y EDWARDS, S.A. (2004) *Animal Welfare* 13, 233-237.
- EDMONDS, M.S., GONYOU, H.W. y BAKER, D.H. (1987) *Journal of Animal Science* 65, 179-185.
- FEDNA (2010) *Tablas Fedna de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos*. Tercera ed. Fundación española para el desarrollo de la nutrición animal.
- FIGUEROA, J., SOLÀ-ORIO, D., MANTECA, X., CHETRIT, C. y PÉREZ, J.F. (2010a) *Journal of Animal Science* 88, 733.
- FIGUEROA, J., SOLÀ-ORIO, D., MANTECA, X., CHETRIT, C. y PÉREZ, J.F. (2010b) *Journal of Animal Science* 88, 733.
- FIGUEROA, J., SOLÀ-ORIO, D., DAVIN, R., MANTECA, X. y PÉREZ, J.F. (2011) *Journal of Animal Science* 89, 218.
- FIGUEROA, J., SOLÀ-ORIO, D., BORDA, E., GUZMÁN-PINO, S. y PÉREZ, J.F. (2012a) En: *12th International Symposium of Digestive Physiology of Pigs*, Keystone, Colorado, USA.
- FIGUEROA, J., SOLÀ-ORIO, D., BORDA, E., SCLAFANI, A. y PÉREZ, J.F. (2012b) *Physiology & Behavior* (in press).
- FORBES, J.M. (2010) *CAB Reviews* 5, 1-15.
- FRASER, D. et al. (1995) En: *The neonatal pig: Development and survival*. M.A. Varley (ed.), pp. 287-312. CAB International., Wallingford, United Kingdom.
- GALEF, B.G. y WHISKIN, E.E. (2004) *Animal Behaviour* 68, 897-902.
- GIELING, E.T., NORDQUIST, R.E. y VAN DER STAAY, F.J. (2011) *Animal Cognition* 14, 151-173.
- GILAD, Y., WIEBEL, V., PRZEWORSKI, M., LANCET, D. y PAABO, S. (2004) *Plos Biology* 2, 120-125.
- GLASER, D., WANNER, M., TINTI, J.M. y NOFRE, C. (2000) *Food Chemistry* 68, 375-385.
- GODFREY, P.A., MALNIC, B. y BUCK, L.B. (2004) *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 101, 2156-2161.
- GOFF, S.A. y KLEE, H.J. (2006) *Science* 311, 815-819.
- HARRIS, J.A., SHAND, F.L., CARROLL, L.Q. y WESTBROOK, R.F. (2004) *Journal of Experimental Psychology-Animal Behavior Processes* 30, 177-189.
- HELLEKANT, G. y DANILOVA, V. (1999) *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 82, 8-24.

- HENG, L. et al. (2006) *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86, 1225-1231.
- HEPPER, P.G. y WELLS, D.L. (2006) *Chemical Senses* 31, 207-212.
- HERMES, R.G. et al. (2009) *Journal of Animal Science* 87, 3569-3577.
- HOLLIS, G.R. et al. (2005) *Journal of Animal Science* 83, 2123-2129.
- HONGTRAKUL, K. et al. (1998) *Journal of Animal Science* 76, 3034-3042.
- INRA (2002) *Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage*. Institute National de la Recherche Agronomique (INRA), Paris, France.
- KENNEDY, J.M. y BALDWIN, B.A. (1972) *Animal Behaviour* 20, 706-718.
- LALLES, J.P., BOSI, P., SMIDT, H. y STOKES, C.R. (2007) *Livestock Science* 108, 82-93.
- MACE, O.J., AFFLECK, J., PATEL, N. Y KELLETT, G.L. (2007) *Journal of Physiology-London* 582, 379-392.
- MATEOS, G.G., MARTIN, F., LATORRE, M.A., VICENTE, B. y LAZARO, R. (2006) *Animal Science* 82, 57-63.
- MENNELLA, J.A., JAGNOW, C.P. y BEAUCHAMP, G.K. (2001) *Pediatrics* 107, art. no.-e88.
- MENNELLA, J.A. y BEAUCHAMP, G.K. (2002) *Early Human Development* 68, 71-82.
- MILLER, H.M. y SLADE, R.D. (2003) En: *Weaning the pig: Concepts and consequences*. J.R. Pluske, J. Le Dividich y M.W.A. Verstegen (eds.). pp. 117-144. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands.
- MORROWTESCH, J. y McGLONE, J.J. (1990) *Journal of Animal Science* 68, 3563-3571.
- MOTE, T.E., VILLALBA, J.J. y PROVENZA, F.D. (2007) *Journal of Chemical Ecology* 33, 1197-1206.
- MYERS, K.P. y SCLAFANI, A. (2001a) *Physiology & Behavior* 74, 481-493.
- MYERS, K.P. y SCLAFANI, A. (2001b) *Physiology & Behavior* 74, 495-505.
- MYERS, K.P. y SCLAFANI, A. (2006) *Developmental Psychobiology* 48, 380-388.
- NRC (1998) *Nutrient requirements of swine*. National Research Council, 10th Revised Edition. National Academy Press, Washington, DC. USA.
- OOSTINDJER, M., BOLHUIS, J.E., VAN DEN BRAND, H. y KEMP, B. (2009) *Chemical Senses* 34, 775-787.
- OOSTINDJER, M., BOLHUIS, J.E., VAN DEN BRAND, H., ROURA, E. y KEMP, B. (2010) *Physiology & Behavior* 99, 579-586.
- OOSTINDJER, M. (2011) *Learning how to eat like a pig: Facilitating vertical information transfer to reduce weaning problems in piglets*. Wageningen University, Wageningen, The Netherlands.
- QUIGNON, P. et al. (2005) *Genome Biology* 6.
- REINERS, K., HESSEL, E.F. y VAN DEN WEGHE, H.F.A. (2008) *Journal of Animal Science* 86, 3600-3607.

- ROURA, E., HOLT, R. y KLASING, K.C. (2008a) *Journal of Animal Science* 81, 203.
- ROURA, E., HUMPHREY, B., TEDO, G. e IPHARRAGUERRE, I. (2008b) *Canadian Journal of Animal Science* 88, 535-558.
- ROURA, E. et al. (2007) *Journées de la Recherche Porcine* 39, 163-166.
- SCLAFANI, A. y XENAKIS, S. (1984) *Physiology & Behavior* 32, 169-174.
- SEABOLT, B.S., VAN HEUGTEN, E., KIM, S.W., ANGE-VAN HEUGTEN, K.D. y ROURA, E. (2010) *Journal of Animal Science* 88, 3725-3738.
- SOLA-ORIOI, D., ROURA, E. y TORRALLARDONA, D. (2007) *Livestock Science* 108, 190-193.
- SOLÀ-ORIOI, D., PUJOL, S., VAN KEMPEN, T., ROURA, E. y TORRALLARDONA, D. (2008) En: *Midwestern Meeting*, Des Moines, IOWA. pp. 62-62.
- SOLA-ORIOI, D., ROURA, E. y TORRALLARDONA, D. (2009) *Journal of Animal Science* 87, 562-570.
- SOLA-ORIOI, D., ROURA, E. y TORRALLARDONA, D. (2011) *Journal of Animal Science* 89, 3219-3227.
- SUÁREZ, J.A., ROURA, E. y TORRALLARDONA, D. (2010a). *Journal of Animal Science* 88, 651-652.
- SUÁREZ, J.A., ROURA, E. y TORRALLARDONA, D. (2010b) En: *EAAP 61st Annual Meeting*. pp. 294.
- SUÁREZ, J.A., ROURA, E., IPHARRAGUERRE, I. y TORRALLARDONA, D. (2011a) *Journal of Animal Science* 89, 330.
- SUÁREZ, J.A., TEDÓ, M.G., ROURA, E. y TORRALLARDONA, D. (2011b) En: *Journées Recherche Porcine*. pp. 129-130.
- SUAREZ, J.A., TEDO, M.G., ROURA, E. y TORRALLARDONA, D. (2011c) En: *EAAP 62st Annual Meeting*. pp. 355.
- TEDÓ, M.G., BOURRY, C., PLANCHENAU, D. y ROURA, E. (2008) *Journées de la Recherche Porcine* 40, 223-224.
- TEDÓ, M.G. (2009) *The umami taste in pigs: L-amino acid preferences and in vitro recognition by the receptor dimer pt1r1/pt1r3 expressed in porcine taste and non-taste tissues*. Universitat Autònoma de Barcelona-Lucta S.A., Barcelona.
- VICENTE, B., VALENCIA, D.G., PEREZ-SERRANO, M., LAZARO, R. y MATEOS, G.G. (2008) *Journal of Animal Science* 86, 119-126.
- WEARY, D.M., JASPER, J. y HOTZEL, M.J. (2008) *Applied Animal Behaviour Science* 110, 24-41.
- YEOMANS, M.R. (1998) *Proceedings of the Nutrition Society* 57, 609-615.

FEDONA