



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

**ESTUDIO DE PALATABILIDAD EN CERDOS DE RECRÍA EN BASE
A SOLUCIONES DE GLUTAMATO MONOSÓDICO**

Valentina Andrea Núñez Parra

Memoria para optar al Título
Profesional de Médico Veterinario
Departamento de Fomento de la
Producción Animal

PROFESOR GUÍA: JAIME FIGUEROA HAMED
Universidad de Chile

FONDECYT INICIACIÓN N°11140576
2014-2017

SANTIAGO, CHILE
2015



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

**ESTUDIO DE PALATABILIDAD EN CERDOS DE RECRÍA EN BASE
A SOLUCIONES DE GLUTAMATO MONOSÓDICO**

Valentina Andrea Núñez Parra

Memoria para optar al Título
Profesional de Médico Veterinario
Departamento de Fomento de la
Producción Animal

Nota Final:

Firma:

Profesor Guía:	Jaime Figueroa H.
Profesor Corrector:	Iñigo Díaz C.
Profesor Corrector:	Rigoberto Solis M.

SANTIAGO, CHILE
2015

RESUMEN

En el presente trabajo se estudiaron diferentes metodologías de medición de palatabilidad, en base a soluciones de glutamato monosódico (GMS) en cerdos de recría. Doce parejas de cerdos (42d) recibieron soluciones con diferentes concentraciones de GMS (0,1, 1, 10, 60, 100, 150 y 300 mM) más los ribonucleótidos 5'-IMP y 5'-GMP al 2% por 10 minutos, durante 7 días consecutivos (1 concentración/día). Se cuantificó el consumo total (CT) y tiempo de consumo (TC) además de 3 pruebas para estimar palatabilidad; patrón de consumo (PC, Tiempo de consumo/n° acercamientos), test de reactividad al sabor [aperturas de hocico (AH)] y tiempo de consumo a corto plazo (TCCP, 2 min). Las concentraciones de GMS tuvieron un efecto sobre el CT y TC ($P < 0,001$) y sobre las pruebas de palatabilidad ($P < 0,001$). Se observaron correlaciones positivas entre la dosis de GMS y el PC ($R = 0,56$; $P < 0,001$), AH ($R = 0,56$; $P < 0,001$) y TCCP ($R = 0,68$; $P < 0,001$). Sin embargo, el TC también presentó correlaciones positivas con todas las pruebas de palatabilidad [PC ($R = 0,65$; $P < 0,001$), AH ($R = 0,47$; $P < 0,001$) y TCCP ($R = 0,84$; $P < 0,001$)], no evidenciándose una disociación entre estas variables. Las pruebas de palatabilidad utilizadas podrían estimar el valor hedónico de soluciones umami en cerdos de recría, sin embargo, nuevos estudios son necesarios con el fin de buscar la disociación del hedonismo en la ingesta con medidas simples de consumo.

Palabras claves: Cerdos, glutamato monosódico, palatabilidad

ABSTRACT

Different palatability measurements were studied in front of monosodic glutamate (MSG) solutions in nursery pigs. Twelve pigs pairs (42d) received solutions with different MSG concentrations (0.1, 1, 10, 60, 100, 150 y 300 mM) plus 2% of MSG enhancers (ribonucleotides 5'-IMP and 5'-GMP) for 10min, during 7 consecutive days (1 concentration/day). Total consumption (TC), consumption time (Ct) and three different palatability measures; consumption pattern (CP, Ct/number of approaches), taste reactivity test [mouth openings (MO)] and short-term consumption (STC, 2min) were measured. MSG concentrations affected TC and Ct ($P < 0.001$) and palatability tests [CP, MO and STC; ($P < 0.001$)]. Positive correlations were found between the MSG concentration and the CP ($R = 0.56$; $P < 0.001$), MO ($R = 0.56$; $P < 0.001$) and STC ($R = 0.68$; ($P < 0.001$)). As opposed as we expected, Ct presented a positive correlation with all palatability tests [CP ($R = 0.65$; $P < 0.001$), MO ($R = 0.47$; $P < 0.001$) and STC ($R = 0.84$; $P < 0.001$)] observing no dissociation between those factors. The palatability tests used in this experimental could estimate the hedonic value of umami solutions in nursery pigs, however, more studies are necessary to dissociate the hedonic value of umami solutions in pigs intake with simple consumption measures.

Keywords: Glutamate, monosodic, palatability, pigs

INTRODUCCIÓN

En condiciones naturales los cerdos son destetados entre las 12 a 17 semanas de vida, tiempo en el cual el animal obtiene un desarrollo fisiológico adecuado y adicionalmente aprende conductas sociales y alimentarias que le permiten enfrentarse al destete (Morméde y Hay, 2003). En esta situación, el cerdo deja de tomar leche de forma paulatina, aprendiendo a la vez la conducta de forrajeo de su madre e iniciando el consumo de alimento sólido (Wattanakul *et al.*, 2004). Sin embargo, en la industria intensiva el destete es realizado de forma abrupta a una muy temprana edad (3-4 semanas de vida; Lalles *et al.*, 2007), con el fin de aumentar la productividad de la cerda (disminución del intervalo inter parto) y disminuir el riesgo de transmisión de enfermedades de las madres a los lechones (King y Pluske, 2003). Al no tener un tiempo de transición alimentaria adecuado, los cerdos recién destetados desconocen las consecuencias que le generaría el nuevo alimento ofrecido, reaccionando con conductas neofóbicas (miedo al consumo de un alimento nuevo) durante las primeras exposiciones a dicho alimento (Figuroa *et al.*, 2013). Esto, sumado a otros factores estresantes como la separación materna y un nuevo ambiente con cerdos de otras camadas, puede generar una disminución en la ingesta de alimento existiendo en muchos casos una marcada anorexia durante las primeras horas post destete (King y Pluske, 2003) lo cual provocaría problemas digestivos, como pérdida de la integridad de la mucosa intestinal, disminución de la absorción e inflamación del intestino, proliferación de bacterias patógenas, diarrea y deshidratación, generando una baja en la ganancia de peso diaria, y por ende una disminución en la productividad del plantel (Lalles *et al.*, 2007).

Una de las estrategias que ha implementado la industria porcina para contrarrestar la baja ingesta de alimento tras el destete, ha sido aumentar la palatabilidad de las dietas de inicio. Palatabilidad se puede entender como “el placer o hedonismo que experimenta un animal al consumir un determinado alimento o fluido” (Figuroa, 2012). Este placer depende de las características organolépticas de la dieta (sabor, viscosidad, densidad, textura), el estado fisiológico del animal, sus antecedentes genéticos, su experiencia previa, y las condiciones ambientales y sociales a las que está expuesto (Forbes, 2010). Para lograr un aumento del hedonismo que experimenta un cerdo al consumir una dieta, la industria ha incorporado

diversos sabores, entre los cuales se destaca el sabor dulce, umami y salado los cuales son innatamente preferidos por este animal (Glaser *et al.*, 2000; Tedó, 2009). Adicionalmente, productos de origen animal como lácteos, hidrolizados proteicos y harina de pescado son incorporados creando preferencias marcadas tras el destete (Solà-Oriol *et al.*, 2011).

Varios autores han medido palatabilidad en cerdos mediante pruebas de preferencia a través de la presentación de dos alimentos de manera simultánea estimando sus consumos relativos y/o a través de pruebas de aceptabilidad en donde se estima el consumo total de un alimento único (Tedó, 2009; Clouard *et al.*, 2012; Guzmán *et al.*, 2015). Sin embargo, ambas metodologías no son capaces de estimar directamente el placer que experimenta un animal durante el consumo (Forbes, 2010). En ratas, primates y humanos existen diversas pruebas que intentan estimar el valor hedónico durante la ingesta, dentro de las cuales se destacan la prueba de reactividad al sabor (Kringelbach *et al.*, 2012), el análisis de microestructura de lamidos (Dwyer *et al.*, 2009) y la prueba de consumo a corto plazo (Boughter *et al.*, 2002; John y Spector, 2008; Smith y Smith, 2010). La prueba más utilizada en años anteriores ha sido la prueba de reactividad al sabor, la cual consiste en la cuantificación de expresiones oro-faciales apetitivas o aversivas del animal en estudio (ratas, humanos, primates) durante el consumo (Kringelbach *et al.*, 2012). Por ejemplo, si el compuesto es palatable, animales como la rata, primates y seres humanos presentarán reacciones oro-faciales positivas, tales como protrusiones de lengua, lamido de labios y/o extremidades y cierto tipo de aperturas de hocico. Por otro lado, si el compuesto es aversivo, el animal presentará reacciones negativas como retracción y sacudida de cabeza, y arcadas para intentar expulsar el contenido de la cavidad oral (Berridge, 2000).

Una técnica ampliamente utilizada para estimar palatabilidad durante los últimos años en rata es el análisis de microestructura de lamidos, la cual mide la cantidad de lamidos que realiza un animal en un determinado número de acercamientos a la solución (Dwyer *et al.*, 2009). El número de lamidos dividido por el total de acercamientos va a generar un tamaño promedio de paquete o *cluster* de lamidos el cual va a aumentar o disminuir dependiendo del valor hedónico que genera la solución en el animal. Es decir, se puede determinar un aumento en la palatabilidad si el *cluster* o tamaño promedio de cada paquete de lamidos aumenta, y una disminución si el tamaño promedio de cada paquete de lamidos disminuye, tal y como se ha

descrito con soluciones dulces y amargas, respectivamente (Johnson *et al.*, 2010; Monk *et al.*, 2014).

Por último, el test de consumo a corto plazo consiste en otorgarle al animal un alimento, y cuantificar cuanto consume en un tiempo breve, el cual en el caso de la rata no excede los 5-60 segundos (Boughter *et al.*, 2002; Smith y Smith, 2010). Esta técnica para estimar palatabilidad evita que el animal pueda mostrar signos de saciedad sensorial o saciedad post ingesta (John y Spector, 2008; Forbes, 2010).

Con respecto a la disociación entre los distintos componentes de la conducta alimentaria, en la investigación realizada por Davis y Smith (1992), en base al análisis de microestructura de lamidos en ratas, se puede entender con precisión la diferencia entre palatabilidad y consumo total, en donde un compuesto altamente hedónico como la sacarosa presenta mayores tamaños de *cluster* a medida que su concentración aumenta. Sin embargo, el volumen consumido no presenta una correlación directa al aumentar las concentraciones o nivel de inclusión de sacarosa, observándose funciones de U invertida, con los mayores consumos a concentraciones intermedias. Recientemente, Frías *et al.* (2015) realizaron un estudio en cerdos de recría utilizando patrones de consumos (análogos a la microestructura de lamidos en ratas) en donde se corrobora que la palatabilidad por sacarosa, al igual que en ratas, se disocia del consumo total presentando correlaciones positivas con el nivel de inclusión de sacarosa a diferencia del consumo, el cual muestra los mayores valores a concentraciones intermedias (4 y 8%) siendo uno de los pocos estudios hasta la fecha en esta área.

Existen numerosos estudios relacionados a la preferencia y aceptabilidad por el sabor dulce en cerdos (Glaser *et al.*, 2000; Clouard *et al.*, 2012; Guzmán *et al.*, 2015), y algunos datos intentan describir su palatabilidad (Clouard *et al.*, 2014; Frías *et al.*, 2015). Sin embargo, hasta el momento si bien existe información sobre la preferencia y aceptabilidad que presentan estos animales frente al sabor umami (Roura *et al.*, 2008; Tedó, 2009; Ackroff y Sclafani, 2011; Guzmán *et al.*, 2014), son muy pocos los estudios que existen sobre el valor hedónico que experimenta el animal durante su consumo (Uematsu *et al.*, 2011).

Los cerdos presentan de manera innata una predilección por el sabor umami, el cual es frecuentemente incluido en dietas de inicio, para incentivar el consumo de los animales (Guzmán *et al.*, 2014). El sabor umami proviene de la palabra japonesa “Umai” cuyo

significado es sabroso (Suess *et al.*, 2015) y fue descubierto en 1908 por Kikunae Ikeda, siendo atribuido al sabor de las proteínas, específicamente de ciertos aminoácidos. En humanos se ha descubierto que existen receptores específicos para el glutamato, siendo éste el principal aminoácido responsable de generar este sabor. Éste se puede encontrar en diversos alimentos, como el pescado, la carne, la leche, el tomate y algunos vegetales (Araujo *et al.*, 2003). Un producto creado artificialmente para producir el sabor umami es el glutamato monosódico (GMS). Este compuesto se presenta como la sal sódica del aminoácido glutamato. El GMS es utilizado principalmente como aditivo para incrementar el sabor de los alimentos y su efecto puede ser potenciado al incluir los ribonucleótidos Inosina 5'-monofosfato (5'-IMP) y Guanosina 5'-monofosfato (5'-GMP) (Suess *et al.*, 2015), los cuales al ser incluidos al 2% pueden potenciar hasta 3 veces el efecto del GMS en una determinada solución o alimento. Se ha descrito que los humanos perciben el sabor umami al consumir glutamato y su sal sódica (GMS). Sin embargo, los cerdos tienen además la capacidad de percibir el sabor umami al consumir variados L-aminoácidos. L-Glutamato, L-Glutamina, L-Aspargina y L-Alanina han sido descritos como sabores umami en el cerdo, estimulando el receptor heterodímero específico para umami T1R1-T1R3 (Roura *et al.*, 2013).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar diferentes técnicas de medición de palatabilidad a través de la exposición de soluciones de glutamato monosódico a diferentes concentraciones en cerdos de recría. Los resultados de este estudio pretenden disociar el concepto de palatabilidad del de aceptabilidad o consumo total frente al sabor umami en la especie porcina, obteniendo mayor información sobre el hedonismo que presentan estos animales, con el objetivo de aumentar el consumo en el destete y otras etapas críticas de producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se realizaron en colaboración con el Departament de Ciència Animal i dels Aliments de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB) y se llevaron a cabo en la granja comercial-experimental de la UAB. Los procedimientos fueron aprobados por el Comité de Ética de Experimentación Animal de la UAB (CEAAH 1406) y por el Comité de Bioética de la Universidad de Chile. Certificado N° 25-2014.

Animales y alojamiento:

Se utilizaron 40 cerdos de recría machos y hembras ([Large White x Landrace] x Pietrain) los cuales fueron destetados a los 28 días de edad, adicionalmente durante la lactancia se les ofreció alimento sólido. Fueron alojados en 4 corrales tras el destete (10 cerdos/corral) y a los 42 días de vida, 12 parejas de animales fueron seleccionadas para evaluar la aceptabilidad y palatabilidad frente a distintas concentraciones de GMS. Los animales tuvieron acceso libre a pienso y agua de beber durante el periodo experimental con excepción de 1 hora antes y después de cada test. Su dieta durante este periodo se estableció considerando su etapa productiva (Tabla 1). Tras el periodo experimental los animales siguieron con su ciclo productivo en el criadero.

Diseño experimental

Previo a la selección de los cerdos, los animales fueron aclimatados a las condiciones experimentales, colocándoles un plato con agua en la parte frontal de cada corral por las mañanas (9:00 - 10:00 am), durante la segunda semana post-destete (35 - 42 días de vida). A partir de la tercera semana, cada pareja seleccionada recibió un plato con soluciones de GMS adicionando además los ribonucleótidos 5'-IMP y 5'-GMP al 2%, para potenciar su efecto. Estas soluciones fueron entregadas por 10 minutos cada día (10:00 am), durante 7 días consecutivos en donde se fueron incluyendo diferentes concentraciones de GMS (0,1, 1, 10, 60, 100, 150 y 300 mM), 1 concentración/día. La mitad de los animales (6 parejas) fueron expuestos a niveles crecientes de GMS, recibiendo el primer día soluciones de 0,1 mM para terminar el día 7 con soluciones de 300 mM. El resto de los animales (6 parejas) fueron sometidos a niveles decrecientes de GMS, recibiendo el primer día soluciones de 300 mM y el último día soluciones de 0,1 mM. Se colocaron 4 cámaras de videos (IR exterior 1/3 Sony®

700tv1 cmos; SENKO S.A, Santiago, Chile) en la parte frontal de cada corral con el fin de registrar la conducta alimentaria de los animales durante los 10 minutos de cada prueba.

Se estimó el consumo total de cada solución a través de la diferencia de peso entre la solución entregada y la solución restante en el bebedero al final de las pruebas. Adicionalmente a través del análisis de videos se calculó el tiempo de consumo total de cada solución tras los 10 minutos a través de la sumatoria del tiempo de consumo en cada acercamiento. Para analizar el valor hedónico de cada solución se utilizaron las pruebas de reactividad al sabor, patrón de consumo y consumo a corto plazo. Para el análisis la prueba de reactividad al sabor se cuantificó el número de protrusiones de lengua y aperturas de hocico (0,5 - 1 segundo) posterior a la ingesta de GMS. Por otro lado, también se analizaron las posibles reacciones negativas como sacudida de cabeza, y arcadas para intentar expulsar el contenido de la cavidad oral. En el patrón de consumo se midió el tiempo de consumo el cual se dividió por el número de acercamientos de cada cerdo y por último para la prueba de consumo a corto plazo, se midió el tiempo de consumo durante los 2 primeros minutos de ingesta. Estas tres metodologías también se analizaron a través de la observación de imágenes previamente obtenidas de las cámaras durante cada test, las cuales fueron analizadas de forma focal y continua.

Análisis Estadístico

El consumo total, el tiempo de consumo y las diferentes medidas de palatabilidad fueron analizados a través de un análisis de varianza (ANOVA) utilizando el procedimiento MIXED (modelo mixto) del paquete estadístico SAS®, tomando en consideración las concentraciones de GMS utilizadas (0,1, 1, 10, 60, 100, 150, 300 mM). El modelo matemático a utilizar fue: $Y_i = \mu + \alpha_i + \epsilon_i$, en donde Y_i es el consumo total de la solución, tiempo de consumo, patrón de consumo, los acercamientos, el consumo a corto plazo, las aperturas de hocico o las protrusiones de lengua; μ es la media general de todas las observaciones; α_i el efecto de la concentración del GMS (0,1, 1, 10, 60, 100, 150, 300 mM) y ϵ_i el error aleatorio. Adicionalmente, se estimaron los coeficientes de correlación de Spearman, en donde el consumo total, tiempo de consumo y medidas de palatabilidad, se correlacionaron con las diferentes concentraciones de GMS. Además se correlacionaron las 3 medidas de palatabilidad con el tiempo de consumo total utilizando el procedimiento CORR del paquete

estadístico SAS®. La unidad experimental fue la pareja de cerdos. Las medias fueron presentadas a través de LSMeans y analizadas por Tukey, considerando un nivel de significación del 5%. Por último para el análisis del tiempo de consumo y las medidas de palatabilidad, estos se dividieron en 4 periodos de tiempo (0-2 minutos, 0-5 minutos, 6-10 minutos y 0-10 minutos).

Tabla 1. Dieta de inicio suministrada a cerdos de recría durante el estudio de palatabilidad en base a soluciones de GMS.

<i>Ingredientes</i>	<i>Inclusión g/kg</i>
Suero de leche	49,8
Trigo	280,8
Maíz	260
Cebada	100
Harina de soya 44 %*	47,3
Extruido de soya	190,6
Plasma animal 80%*	15
Harina de pescado	25
L-lisina	3,3
DL- metionina	1,3
L- treonina	1,2
L- triptófano	0,1
Aditivo vitamínico y mineral**	4
Fosfato monocálcico	9,3
Carbonato de calcio	9,7
Bicarbonato de sodio	1,5
Cloruro de sodio	1,1

*Proteína cruda

** Por cada kilo de alimento: 7000 UI de vitamina A (acetato); 500 UI de vitamina D3 (colecalfiferol); 250 UI de vitamina D (25-hydroxicholecalciferol); 45 mg de vitamina E; 1 mg de vitamina K3; 1,5 mg de vitamina B1; 3,5 mg de vitamina B2; 1,75 mg de vitamina B6; 0,03 mg de vitamina B12; 8,5 mg de ácido D-pantoténico; 22,5 mg de vitamina B3; 0,1 mg de biotina; 0,75 mg de ácido fólico; 20 mg de Fe (quelato de AA); 2,5 mg de Cu (sulfato); 7,5 mg de Cu (quelato de glicina); 0,05 mg de Co (sulfato); 40 mg de Zn (óxido); 12,5 mg de Zn (quelato de AA); 12,5 mg de Mn (óxido); 7,5 de Mn (quelato de glicina); 0,35 mg de Yodo, 0.5 mg de Se (orgánica); y 0,1 mg de Se (de sodio).

RESULTADOS

En la Figura 1 se presenta el consumo total y el tiempo de consumo total en los cerdos de recría expuestos a soluciones de glutamato monosódico, en donde se observa un efecto de la concentración de GMS sobre el consumo ($P < 0,001$) y tiempo de consumo ($P < 0,001$). A medida que se incrementan las concentraciones de GMS hay un aumento en el consumo total y en el tiempo de consumo, presentándose correlaciones positivas ($R = 0,59$; $P < 0,001$) y ($R = 0,72$; $P < 0,001$) respectivamente. Al correlacionar el consumo total con el tiempo de consumo se obtuvo una correlación positiva ($R = 0,71$; $P < 0,001$) lo cual permitiría utilizar el tiempo de consumo en reemplazo del consumo total para estimaciones de palatabilidad disminuyendo los posibles errores por pérdida de soluciones durante el test.

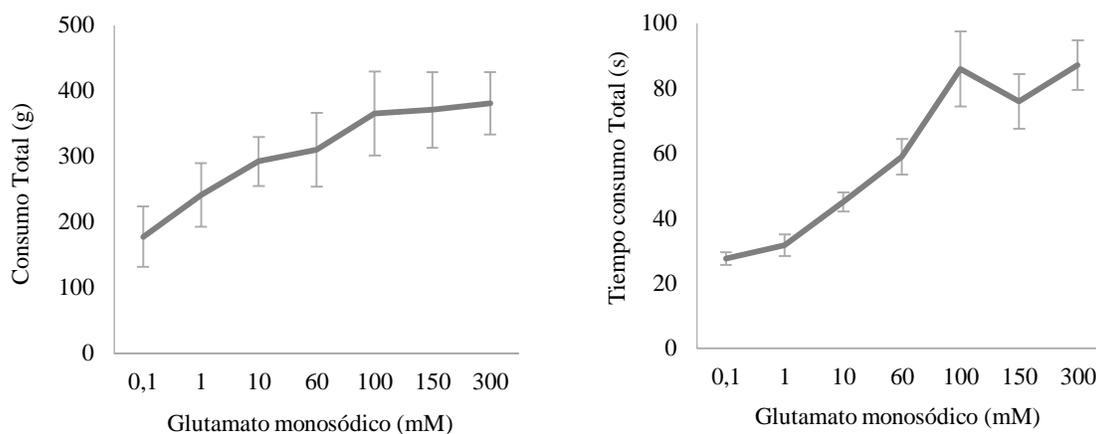


Figura 1. Efecto de la concentración de GMS sobre el consumo total (g) y tiempo de consumo total (s) de soluciones umami expuestas durante 10 minutos a cerdos de recría.

Los acercamientos con resultado de consumo se exponen en la Figura 2. La cantidad de acercamientos se ve afectada por las diferentes concentraciones de GMS ($P < 0,001$) observándose una correlación positiva ($R = 0,59$; $P < 0,001$) llegando a un *plateau* en las mayores concentraciones. En la Tabla 2 se puede observar el tiempo de consumo y acercamientos con resultado de consumo de los animales en cada periodo de tiempo analizado (0-2, 0-5, 6-10, 0-10 minutos).

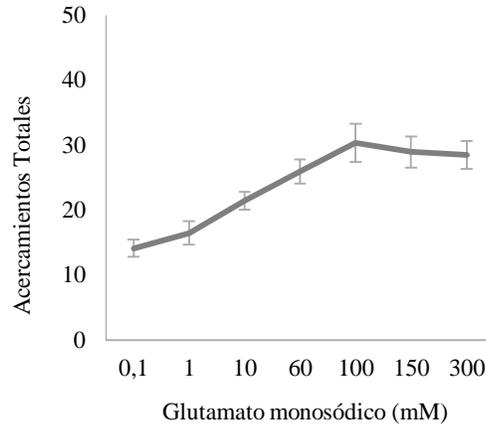


Figura 2. Efecto de la concentración de GMS sobre la cantidad de acercamientos con resultado de consumo de soluciones umami expuestas durante 10 minutos a cerdos de recría.

Tabla 2. Tiempo de consumo y Acercamientos con resultado de consumo en cerdos de recría frente a soluciones con diferentes concentraciones de GMS según periodos de tiempo.

Tiempo de consumo (s)	Concentración de Glutamato monosódico (mM)*							Significación		
	0,1	1	10	60	100	150	300	Valor P de concentración	R	Valor P de R
0-2min	13 ^a	16,5 ^a	21,5 ^b	25,1 ^{bc}	30 ^{bc}	26,9 ^{bc}	35,8 ^c	<0,001	0,676	<0,001
0-5min	21,9 ^a	24,8 ^a	34,8 ^b	39,1 ^b	56,7 ^{bc}	46,8 ^{bc}	63,3 ^c	<0,001	0,709	<0,001
6-10min	5,7 ^a	6,9 ^a	10,3 ^a	19,9 ^{ab}	29,3 ^{ab}	29,1 ^{ab}	23,8 ^b	0,001	0,559	<0,001
0-10min	27,6 ^a	31,8 ^a	45,1 ^b	59,0 ^{bd}	86,0 ^{cd}	75,9 ^{cd}	87,1 ^c	<0,001	0,719	<0,001
Acercamientos a consumo (n)										
0-2min	6 ^a	8 ^{ac}	9,5 ^{bc}	9,8 ^b	10,8 ^b	10,4 ^{bc}	11,2 ^b	<0,001	0,488	<0,001
0-5min	10,7 ^a	12,5 ^a	16,5 ^b	17,5 ^b	20,6 ^b	18,8 ^b	20,8 ^b	<0,001	0,572	<0,001
6-10min	3,5 ^{ac}	4 ^a	5 ^{ac}	8,5 ^{bc}	9,8 ^b	10,2 ^b	7,7 ^{ab}	<0,001	0,458	<0,001
0-10min	14,2 ^a	16,5 ^a	21,5 ^b	26 ^b	30,4 ^{bc}	29 ^{bc}	28,5 ^c	<0,001	0,586	<0,001

* Letras diferentes indican diferencias entre concentraciones de GMS en cada periodo de tiempo (P < 0,05).

Los resultados de las pruebas de palatabilidad se presentan en las Figura 3 (consumo a corto plazo), 4 (Patrón de consumo) y 5 (aperturas de hocico). La concentración de GMS tuvo un efecto sobre el tiempo de consumo a corto plazo (2 min) ($P < 0,001$) y sobre el patrón de consumo ($P < 0,001$) observándose correlaciones positiva en ambos casos ($R = 0,68$; $P < 0,001$) y ($R = 0,56$; $P < 0,001$) respectivamente. Se observó un efecto de la concentración de GMS sobre la cantidad de aperturas totales ($P < 0,001$) con una correlación positiva ($R = 0,56$; $P < 0,001$), en donde se presenta un marcado aumento de la cantidad de aperturas en las dos concentraciones más altas. Al correlacionar las pruebas de palatabilidad con el tiempo de consumo total se observó una correlación positiva con el patrón de consumo ($R = 0,65$; $P < 0,001$), aperturas de hocico ($R = 0,47$; $P < 0,001$) y tiempo de consumo a corto plazo ($R = 0,84$; $P < 0,001$). En la Tabla 3 se pueden observar los resultados de las pruebas de palatabilidad de los animales en cada periodo de tiempo.

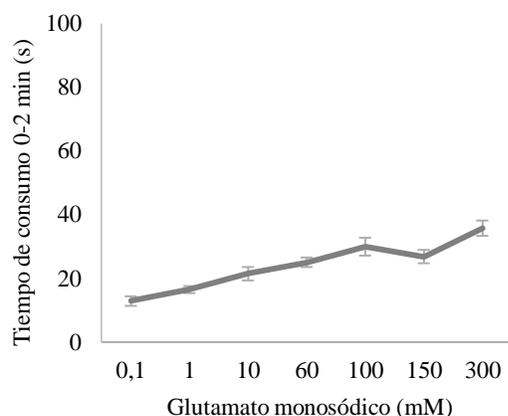


Figura 3. Efecto de la concentración de GMS sobre el consumo a corto plazo (tiempo de consumo en los dos primeros minutos) de soluciones umami expuestas a cerdos de recría.

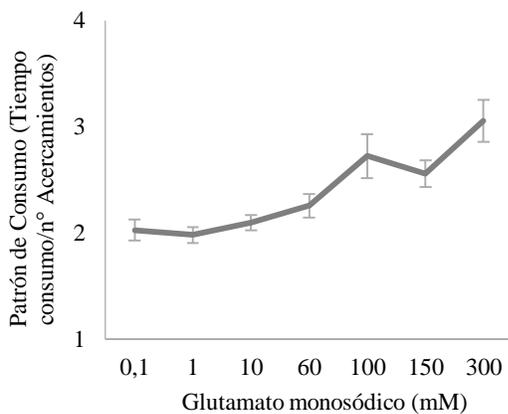


Figura 4. Efecto de la concentración de GMS sobre el patrón de consumo (tiempo de consumo/ n° acercamientos) en soluciones umami expuestas durante 10 minutos a cerdos de recría.

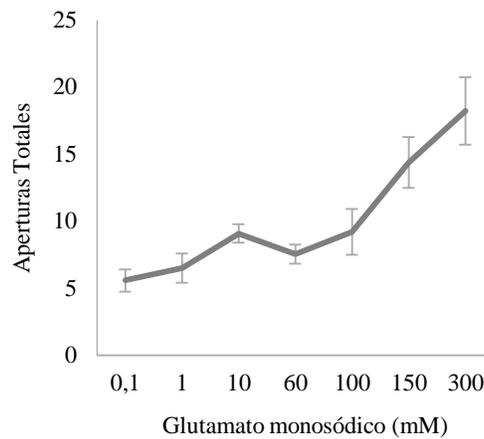


Figura 5. Efecto de la concentración de GMS sobre la cantidad de aperturas totales en soluciones umami expuestas durante 10 minutos a cerdos de recría.

Tabla 3. Patrón de consumo (tiempo de consumo/n° de acercamientos) y Aperturas de hocico en cerdos de recría frente a soluciones con diferentes concentraciones de GMS según periodos de tiempo.

Patrón de consumo	Concentración de Glutamato monosódico (mM)*							Significación		
	0,1	1	10	60	100	150	300	Valor P de concentración	R	Valor P de R
0-2min	2,1 ^a	2,2 ^{ab}	2,3 ^{ab}	2,6 ^{ab}	2,8 ^{bc}	2,7 ^{abc}	3,2 ^c	0,001	0,514	<0,001
0-5min	2,1 ^a	2,1 ^a	2,1 ^a	2,3 ^a	2,7 ^{ab}	2,5 ^{ab}	3,0 ^b	<0,001	0,506	<0,001
6-10min	1,5 ^a	1,8 ^{ab}	2,1 ^{ab}	2,1 ^b	2,7 ^b	2,7 ^b	2,8 ^b	0,002	0,440	<0,001
0-10min	2 ^{ab}	2 ^a	2,1 ^{ab}	2,3 ^{ab}	2,7 ^{abc}	2,6 ^{bc}	3,1 ^c	<0,001	0,561	<0,001
Aperturas de hocico										
0-2min	2,5 ^a	3,5 ^{ab}	5,1 ^{bc}	3,5 ^{ab}	4,1 ^{ab}	5,5 ^{abc}	8,7 ^c	<0,001	0,424	<0,001
0-5min	4,2 ^a	4,7 ^{ab}	7,1 ^b	5,8 ^{ab}	5,9 ^{ab}	9,2 ^{abc}	13,6 ^c	<0,001	0,506	<0,001
6-10min	1,4 ^{ac}	1,8 ^{ac}	2 ^{abc}	1,7 ^c	3,3 ^{abc}	5,2 ^{bd}	4,6 ^{ad}	0,001	0,434	<0,001
0-10min	5,6 ^a	6,5 ^{ab}	9,1 ^{bd}	7,5 ^{ab}	9,2 ^{abc}	14,4 ^{cd}	18,2 ^c	<0,001	0,561	<0,001

* Letras diferentes indican diferencias entre concentraciones de GMS en cada periodo de tiempo (P < 0,05).

DISCUSIÓN

Si bien existe información sobre la preferencia y aceptabilidad que presentan algunos animales, frente al sabor umami (Ackroff *et al.*, 2012; Sclafani y Ackroff, 2012; Roura *et al.*, 2013) muy pocos trabajos han descrito su valor hedónico (Uematsu *et al.*, 2011). El presente estudio intentó evaluar el hedonismo que experimentan los cerdos al consumir soluciones umami, las cuales al ser altamente preferidas (Tedó, 2009; Ackroff y Sclafani, 2011), al igual que soluciones dulces (Harris *et al.*, 2004; Guzmán, 2015), podrían generar reacciones hedónicas proporcionales al nivel de inclusión.

Se observó en el presente trabajo que al exponer a cerdos de recría a soluciones con diferentes concentraciones de GMS, el consumo total y tiempo de consumo aumentan a medida que aumenta la concentración de GMS. Por otro lado, estudios en ratas con GMS muestran que el consumo total también aumenta a medida que aumenta el nivel de inclusión, sin embargo al llegar a concentraciones elevadas (60 mM y 120 mM) se presenta un *plateau* en donde el consumo se mantiene constante (Uematsu *et al.*, 2011). Con respecto al consumo de soluciones dulces como la sacarosa se observan, en diferentes animales, curvas de consumo de U invertida con los mayores consumos a las concentraciones intermedias de este carbohidrato (Davis y Smith, 1992; Spector *et al.*, 1998; Frías, *et al.*, 2015). Es posible que en el presente estudio las concentraciones de GMS utilizadas no hayan sido suficientemente altas para la especie porcina y debido a esto no se hayan obtenido curvas similares a las observadas en los estudios anteriores. Tedó (2009) estudió las preferencias de GMS utilizando concentraciones de hasta 500 mM, sin la adición de ribonucleótidos. En base a este trabajo y otros estudios en ratas (Uematsu *et al.*, 2011; Ackroff *et al.*, 2012) en el presente experimento las mayores concentraciones fueron de 300 mM, más los ribonucleótidos 5'-IMP y 5'-GMP al 2%, lo que tienen un efecto potenciador del GMS hasta tres veces, esperando que esta concentración fuera lo suficientemente alta para cerdos de recría, sin embargo los resultados no fueron los esperados.

En ratas existen diversas metodologías que intentan estimar el valor hedónico de un compuesto durante el consumo, y una de estas es el test de tamaño de *cluster* (microestructura de lamidos), el cual mide la cantidad de lamidos/n° de acercamientos (Davis, 1996; Dwyer, 2009; Johnson *et al.*, 2010). Para poder ser utilizado en cerdos esta prueba fue adaptada,

cambiando la cuantificación de lamidos por el tiempo de consumo (s), analizado a través de la observación de la conducta del cerdo con video-cámaras. En cerdos el patrón de consumo (tiempo de consumo/n° de acercamientos) ha sido utilizado en estudios previos de nuestro grupo de investigación (Frías *et al.*, 2015) observándose que al utilizar soluciones de sacarosa el patrón de consumo aumenta a medida que aumenta su nivel de inclusión, reflejando probablemente al igual que en ratas (David y Smith 1992; Dwyer, 2012) un mayor valor hedónico. De la misma manera, en el presente trabajo se observó que el patrón de consumo va aumentando a medida que aumenta la concentración de GMS, obteniendo los mayores valores a las concentraciones más altas.

Animales que consumen una determinada solución o alimento por un largo periodo de tiempo pueden presentar saciedad sensorial. Una opción para evitar este efecto, es otorgarles la solución o pienso por un breve periodo de tiempo y cuantificar su consumo para obtener aproximaciones a su verdadero valor hedónico. En experimentos con ratas Boughter *et al.* (2002) proponen utilizar 5 segundos y por otro lado Smith y Smith (2010) proponen 1 minuto. Por su parte Frías (2015) utilizó 2 minutos en experimentos con cerdos de cría al exponerlos a soluciones de sacarosa, no encontrando un efecto de su concentración sobre el tiempo de consumo a corto plazo. Sin embargo, en el presente experimento al aumentar la concentración de GMS en el agua de beber, aumenta el tiempo de consumo a corto plazo, obteniéndose los mayores tiempos de consumos a la concentración más alta (300 mM). Glaser, *et al.* (2000) obtuvieron resultados similares en cerdos al exponerlos a compuestos dulces como sacarosa, fructosa y glucosa.

Con respecto a la cuantificación de las reacciones oro-faciales de los animales, no se observaron protrusiones de lengua a ninguna concentración de GMS por lo cual no se pudo cuantificar. Sin embargo, en estudios anteriores como los de Frías (2015) y Figueroa (datos no publicados), se observan protrusiones de lengua en cerdos al ser expuestos a diferentes concentraciones de sacarosa e hidrolizados proteicos respectivamente. Por otro lado existen estudios en ratas, en donde se han observado protrusiones de lenguas, al ser expuestos a diferentes concentraciones de GMS (Uematsu *et al.*, 2011) y sacarosa (Wilmouth y Spear, 2009; Uematsu *et al.*, 2011), obteniéndose en ambos casos una correlación positiva con los niveles de inclusión. Al no existir estudios previos a esta investigación sobre el test de reactividad al sabor utilizando GMS en cerdos, existe la posibilidad que los animales no

realicen protrusiones de lengua al consumir este compuesto o que las concentraciones entregadas en el agua de beber no hayan sido lo suficientemente altas para provocar este comportamiento. Sin embargo, se pudieron observar aperturas bucales de 0,5 a 1 segundo de duración, como se ha observado anteriormente en humanos y primates, las cuales se clasifican como expresiones oro-faciales positivas (Steiner *et al.*, 2001). Los resultados obtenidos en este estudio al exponer a los cerdos a diferentes concentraciones de GMS fueron similares a los vistos previamente en otros animales al ser expuestos a soluciones con glucosa (Myers, y Sclafani, 2001) y sacarosa (Berridge, 2000; Steiner *et al.*, 2001; Frías, 2015), observándose un incremento en el número de aperturas bucales al aumentar las concentraciones de GMS en el agua de beber. Estos resultados se condicen con los de patrón de consumo y consumo a corto plazo, obteniéndose un incremento en el resultado de cada prueba para estimar palatabilidad al aumentar las concentraciones de GMS en el agua de beber. En este estudio no se observaron reacciones oro-faciales negativas, como sacudida de cabeza o arcadas, observadas en otros estudios con ratas al dar compuestos aversivos (Parker y Maier, 1992; Wilmouth y Spear, 2009). Uematsu y colaboradores (2011) observaron que en ratas se presentan reacciones aversivas al consumir bajas concentraciones de GMS (10 mM), sin embargo, su cantidad es mínima al compararla con el número de expresiones oro-faciales positivas a la misma concentración.

Al relacionar el tiempo de consumo total con las pruebas de palatabilidad, se puede observar que los mayores tiempos de consumo se relacionan con los valores de patrón de consumo, aperturas de hocico y tiempo de consumo a corto plazo más altos. Estos resultados difieren a lo visto en otros experimentos con ratas y cerdos al exponerlos a sacarosa (Davis y Smith, 1992; Spector *et al.*, 1998; Dwyer, 2012; Frías, 2015; Frías *et al.*, 2015), en donde se disocian estos componentes de la conducta alimentaria, presentándose una diferencia entre el consumo total y la palatabilidad o valor hedónico de la solución. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, se podría esperar que al aumentar aún más las concentraciones de GMS (> 300 mM), el tiempo de consumo llegara a un *plateau* o comenzara a disminuir, mientras los valores de las medidas de palatabilidad siguieran aumentando, como se ha observado anteriormente en estudios con sacarosa.

Todas las pruebas anteriormente mencionadas, incluyendo el tiempo de consumo, fueron divididas en dos periodos de tiempo (0-5 y 6-10). Los resultados mostraron que la mayor

cantidad de conductas se presentan en el primer periodo (0-5), disminuyendo considerablemente el número de estas en el segundo periodo (6-10). Frías (2015) obtuvo resultados parecidos con respecto a la cantidad de conductas observadas en cada periodo de tiempo al estudiar las mismas medidas de palatabilidad con diferentes concentraciones de sacarosa. Esto podría sugerir que no sería necesario un periodo de prueba tan extenso, permitiendo cuantificar el hedonismo del animal al comienzo (0-5) de su conducta alimentaria.

Este uno de los primeros estudios que utiliza metodologías de medición de palatabilidad en cerdos con respecto al sabor umami. Si bien las pruebas de reactividad al sabor, patrón de consumo y consumo a corto plazo podrían estimar el valor hedónico de soluciones de GMS en cerdos de recría, no se observó una disociación entre el consumo total y las medidas de palatabilidad. Nuevos estudios son necesarios para evaluar si esta disociación se produciría al aumentar las concentraciones de GMS. La cuantificación del valor hedónico de dietas y soluciones permitiría formular dietas considerando el placer que experimentan los animales durante el consumo lo cual podría ayudar a aumentar la ingesta en etapas críticas de producción como el destete e incluso a estimar estados alterados de percepción de recompensas en estos animales.

BIBLIOGRAFÍA

- **ACKROFF, K.; SCLAFANI, A.** 2011. Flavor preferences conditioned by post-oral infusion of monosodium glutamate in rats. *Physiol Behav.* 104: 488–494.
- **ACKROFF, K.; WEINTRAUB, R.; SCLAFANI, A.** 2012. MSG intake and preference in mice are influenced by prior testing experience. *Physiol. Behav.* 107: 207–217.
- **ARAUJO, I.; KRINGELBACH, M.; ROLLS, E.; HOBDEN.** 2003. Representation of Umami Taste in the Human Brain. *J. Neurophysiol.* 90: 313–319.
- **BERRIDGE, K.C.** 2000. Measuring hedonic impact in animals and infants: microstructure of affective taste reactivity patterns. *Neurosci. Biobehav. R.* 24: 173–198.
- **BOUGHTER, J.D.; JOHN, S.; NOEL, D.; NDUBUIZU, O.; SMITH, D.** 2002. A Brief-access Test for Bitter Taste in Mice. *Chem. Senses.* 27: 33-142.
- **CLOUARD, C.; CHATAIGNIER, M.; MEUNIER-SALAÜN, M.C.; VAL-LAILLET, D.** 2012. Flavour preference acquired via a beverage-induced conditioning and its transposition to solid food: sucrose but not maltodextrin or saccharin induced significant flavour preferences in pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 136: 26–36.
- **CLOUARD, C.; LOISON, F.; MEUNIER-SALAÜN, M.; VAL-LAILLET, D.** 2014. An attempt to condition flavour preference induced by oral and/or postoral administration of 16% sucrose in pigs. *Physiol. Behav.* 124: 107–115.
- **DAVIS, J. D.; SMITH, G. P.** 1992. Analysis of the microstructure of the rhythmic tongue movements of rats ingesting maltose and sucrose solutions. *Behav. Neurosci.* 106: 217-228.
- **DAVIS, J.D.** 1996. Microstructural Analysis of the Ingestive Behavior of the Rat Ingesting Polycose. *Physiol. Behav.* 60: 1557-1563.
- **DWYER, D. M.** 2009. Microstructural analysis of ingestive behaviour reveals no contribution of palatability to the incomplete extinction of a conditioned taste aversión. *Q. J. Exp. Psychol.* 62: 9-17.

- **DWYER, D. M.; PINCHAM, H.L.; THEIN, T.; HARRIS, J.A.** 2009. A learned flavor preference persists despite the extinction of conditioned hedonic reactions to the cue flavors. *Learn. Behav.* 37: 305–310.

- **DWYER, D. M.** 2012. Licking and liking: The assessment of hedonic responses in rodents. *Q. J. Exp. Psychol.* 65: 371- 394.

- **FIGUEROA, J.** 2012. Learning strategies to increase piglets feed intake after weaning. Tesis Doctoral. Barcelona, España. Universidad Autónoma de Barcelona, Escuela de Ciencias Veterinarias, Departamento de Ciencia Animal. 213p.

- **FIGUEROA, J.; SOLÀ-ORIO, D.; VINOKUROVAS, L.; MANTECA, X.; PÉREZ, J.F.** 2013. Prenatal flavour exposure through maternal diets influences flavour preference in piglets before and after weaning. *Anim. Feed. Sci. Tech.* 183: 160–167.

- **FORBES, J. M.** 2010. Palatability: principles, methodology and practice for farm animals. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources* 5: 1-16.

- **FRÍAS, D.** 2015. Evaluación de métodos utilizados para medir la palatabilidad en cerdos de recría. Memoria Título Médico Veterinario. Santiago, Chile. U. Chile, Fac. de ciencias veterinarias y pecuarias. 135 p.

- **FRÍAS, D.; TADICH, T.; ROSSELLÓ, R.; DWYER, D.; FIGUEROA, J.** 2015. Consumption patterns: A proposed model for measurement of solution palatability in pigs. *J. Anim. Sci.* (Accepted).

- **GLASER, D.; WANNER M.; TINTI, J.M.; NOFRE, C.** 2000. Gustatory responses of pigs to various natural and artificial compounds known to be sweet in man. *Food Chem.* 68: 375 – 385.

- **GUZMÁN, S.; SOLÀ-ORIO, D.; FIGUEROA, J.; PÉREZ, J.** 2014. Influence of the protein status of piglets on their ability to select and prefer protein source. *Physiol. Behav.* 129:43-49.

- **GUZMÁN, S.; SOLÀ-ORIO, D.; FIGUEROA, J.; DWYER, D.; PÉREZ, J.** 2015. Effect of a long-term exposure to concentrated sucrose and maltodextrin solutions on the preference, appetite, feed intake and growth performance of post-weaned piglets. *Physiol. Behav.* 141: 85–91.

- **HARRIS, J. A.; SHAND, F. L.; CARROLL, L. Q.; WESTBROOK, R. F.** 2004. Persistence of preference for a flavor presented in simultaneous compound with sucrose. *J. Exp. Psychol. Anim. Behav. Process.* 30: 177-189.

- **JOHN, S.J.; SPECTOR, A.C.** 2008. Behavioral Analysis of Taste Function in Rodent Models. **In:** Basbaum, I.; Kaneko, A.; Shepherd, M.; Westheimer, G. *The Senses: A Comprehensive Reference.* Elsevier. 409-427.

- **JOHNSON, A.W.; SHERWOOD, A.; SMITH, D.R.; WOSISKI-KUHN, M.; GALLAGHER, M.; HOLLAND, P.C.** 2010. An analysis of licking microstructure in three strains of mice. *Appetite.* 54: 320–330.

- **KING, R.H.; PLUSKE, J.R.** 2003. Behavioural changes and adaptations associated with weaning. **In:** Pluske, J.R.; Le Dividich, J.; Verstegen, M.W.A. *Weaning the pig: Concepts and consequences.* Wageningen Academic Publishers. Netherlands. pp. 37-52.

- **KRINGELBACH, M.; STEIN, A.; VAN HARTEVELT, T.** 2012. The functional human neuroanatomy of food pleasure cycles. *Physiol. Behav.* 106: 397- 316.

- **LALLES, J.P.; BOSI, P.; SMIDT, H.; STOKES, C.R.** 2007. Nutritional management of gut health in pigs around weaning. *Proc. Nutr. Soc.* 66: 240–268.

- **MYERS, K. P.; SCLAFANI, A.** 2001. Conditioned enhancement of flavor evaluation reinforced by intragastric glucose: II. Taste reactivity analysis. *Physiol. Behav.* 74: 495-505.

- **MONK, J.K.; RUBIN, D.B.; KEENE, C.J.; KATZ, B.D.** 2014. Licking Microstructure Reveals Rapid Attenuation of Neophobia. *Chem. Senses.* 39: 203–213.

- **MORMÉDE, P.; HAY, M.** 2003. Behavioural changes and adaptations associated with weaning. **In:** Pluske, J.R.; Le Dividich, J.; Verstegen, M.W.A. *Weaning the pig: Concepts and consequences.* Wageningen Academic Publishers. Netherlands. pp. 53-60.

- **PARKER, L.; MAIER, M.** 1992. Morphine- and Naltrexone-Induced Modification of Palatability: Analysis by the Taste Reactivity Test. *Neurosci. Biobehav.* 106: 999-1010.

- **ROURA, E.; HUMPHREY, B.; TEDÓ, G.; IPHARRAGUERRE, I.** 2008. Unfolding the codes of short-term feed appetite in farm and companion animals. A comparative oronasal nutrient sensing biology review. *Can. J. Anim. Sci.* 88: 535-558.

- **ROURA, E.; GUZMÁN-PINO S.A.; FU, M.** 2013. The taste system from chickens to humans: a common link in search for a nutritionally balanced diet. **In:** Proceedings of the 34th Western Nutrition Conference – Processing, Performance & Profit. pp. 29–41.

- **SCLAFANI, A.; ACKROFF, K.** 2012. Role of gut nutrient sensing in stimulating appetite and conditioning food preferences. *Am. J. Physiol.* 302: R1119-1133.

- **SMITH, G.; SMITH, J.** 2010. The inhibitory potency of SCH 23390 and raclopride on licking for sucrose increases across brief-access tests. *Physiol. Behav.* 101: 315–319.

- **SOLÀ-ORIO, D.; ROURA, E.; TORRALLARDONA, D.** 2011. Feed preference in pigs: Effect of selected protein, fat, and fiber sources at different inclusion rates. *J. Anim. Sci.* 2011. 89:3219–3227.

- **SPECTOR, A. C.; KLUMPP, P. A.; KAPLAN, J. M.** 1998. Analytical issues in the evaluation of food deprivation and sucrose concentration effects on the microstructure of licking behavior in the rat. *Behav. Neurosci.* 112: 678-694.

- **STEINER, J.; GLASER, D.; HAWILO, M.; BERRIDGE, K.** 2001. Comparative expression of hedonic impact: affective reactions to taste by human infants and other primates. *Neurosci. Biobehav.* 25: 53-74.

- **SUESS, B.; FESTRING, D.; HOFMANN, T.** 2015. Umami compounds and taste enhancers. **In:** Parker, J.K.; Elmore, S.; Methven, L.; Jose, M. *Flavour Development, Analysis and Perception in Food and Beverages.* Elsevier. Cambridge, UK. pp. 331-351.

- **TEDÓ, P.** 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. Tesis Doctoral. Barcelona, España. Universidad Autónoma de Barcelona, Escuela de Ciencias Veterinarias. 193 p.

- **UEMATSU, A.; TSURUGIZAWA, T.; KITAMURA, A.; ICHIKAWA, R.; IWATSUKI, K.; UNEYAMA, H.; KUNIO, T.** 2011. Evaluation of the 'liking' and 'wanting' properties of umami compound in rats. *Physiol. Behav.* 102: 553–558.

- **WATTANAKUL, W.; BULMAN, C.A.; EDGE, H.L.; EDWARDS, S.A.** 2004. The effect of creep feed presentation method on feeding behaviour, intake and performance of suckling piglets. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 92: 27-36.

- **WILMOUTH, C.; SPEAR, L.** 2009. Hedonic sensitivity in adolescent and adult rats: Taste reactivity and voluntary sucrose consumption. *Pharmacol. Biochem. Behav.* 92: 566-573.