

## Evaluación nutricional de ensilajes con diferentes niveles de inclusión de cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) y digestibilidad in vivo como alternativa energética para alimentación de cerdos

### Nutritional assessment of silage with different levels of inclusion of orange peel (*Citrus sinensis*) and in vivo digestibility, as an energy-giving alternative for feeding pigs

Sonia Y. Benitez, MVZ.; Carlos A. Poveda, PhD.

Universidad del Tolima, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Laboratorio de Nutrición animal; Ibagué, Colombia.

hammy009@hotmail.com

#### Resumen

*El presente estudio evaluó el valor nutricional de dietas con base en cáscara de naranja (*Citrus sinensis*), en ensilaje. Los tratamientos consistieron en 5 niveles de inclusión de cáscara de naranja 0, 10, 20, 30 y 40 %; se estimó caracterización organoléptica (color y olor durante los tiempos de fermentación (1, 3, 7, 21 y 28 días). Conjuntamente se determinó pH, materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC), cenizas (CEN) y extracto no nitrogenado (ENN). Se analizaron coeficientes de digestibilidad (CD), con la técnica de bolsa dacrón móvil (TBDM) y un cerdo de 25 kg de peso, al cual previamente se le implantó una cánula duodenal; para esta prueba se escogieron los tiempos de fermentación (3, 7, 21 días) y los tratamientos con inclusión de cáscara de naranja T2 (10 %), T3 (20 %), T4 (30 %) y el control. Por último se realizó aproximación económica de dietas. La evaluación organoléptica demostró variabilidad en color, debido al cítrico presente en los tratamientos; el olor fue influenciado por la presencia de ácidos, que proporcionaron olor agradable. El análisis químico fue significativo ( $p < 0.01$ ), entre tratamientos y tiempos de fermentación, resultando un comportamiento favorable para T3 con valores promedios de pH (4,19), MS (49.7 %), PC (23.3 %), FC (1.8 %), EE (4.4 %), CEN (5.3 %) y ENN (62.29 %). Los tratamientos T2 y T3 reportaron CD mayores al control. Se propone el ensilaje cítrico con nivel de 20% para dietas iniciadoras de cerdos.*

*Palabras clave:* Digestibilidad, fermentación, núcleo ensilado, residuo agroindustrial, valor nutricional.

#### Abstract

*The current study evaluated the nutritional value of diets based on orange peel (*Citrus sinensis*) by the technique of silage. The treatments consisted of 5 levels of inclusion of 0, 10, 20, 30 and 40 % of orange peel respectively. We evaluated organoleptic characterization (colour and odour during the time of fermentation (1, 3, 7, 21 and 28 days). In addition, pH, dry matter (MS), crude protein (PC), ether extract (EE), crude fiber (FC), ash (CEN) and nitrogen-free extract (ENN) were assessed. Digestibility coefficients (CD) were analyzed, through the Dacron bag technique (TBDM) and a pig of 25 kg weight, which was previously implanted with a duodenal cannula; in this test, 3 fermentation times were chosen (3, 7, 21 days) and treatments with inclusion of orange peel T2 (10 %), T3 (20 %), T4 (30 %) and the control. Finally, economic approximation of dieting was made. Organoleptic appreciation results showed variability in colour, due to citric present in treatments; the smell was influenced by the presence of acids, which provided a pleasant smell. Chemical analysis was significant ( $p < 0.01$ ), between treatments and time of fermentation, resulting in a favourable trend for T3 with average values of pH (4,19), MS (49,7 %), PC (23,3 %), FC (1,8 %), EE (4,4 %), CEN (5,3 %) and, ENN (62,29 %). Treatments T2 and T3 reported CD values, higher than the control. We propose the orange peel silage, with 20% level in initiating diets for pigs.*

*Keywords:* Digestibility, fermentation, silage core, agro industrial waste, nutritional value.

## Introducción

En los últimos años Colombia ha importado gran cantidad de maíz para la fabricación de alimentos balanceados para animales; para el 2009 importó 2.124.447 t de maíz amarillo (Franco, 2011) para esta actividad. La porcicultura consume más de 500.000 t de alimento balanceado, que corresponden al 22 % de la producción total nacional (Velasco, 2011).

76,38 % de los costos representa la alimentación de cerdos (Franco, 2011), motivo por el cual se acentúa la búsqueda de nuevas fuentes alimenticias que reemplacen el valor nutricional de cereales de alto valor económico, incluyendo alimentos funcionales que ejerzan una actividad benéfica en el animal. Entre estas fuentes se encuentran los subproductos de la agroindustria provenientes del procesamiento de jugos y pulpas de naranja (*Citrus sinensis*), segundo producto cítrico de exportación con contribución del 16,5 % a la cadena total, concentrada gran parte en el eje cafetero con capacidad de procesamiento de 110.000 toneladas de naranja/año.

Según Domínguez (1995), esta materia prima no convencional son materiales adecuados para ensilar debido a sus características de pH, producción de lactato y ácidos grasos volátiles durante el proceso de conservación. Además de poseer pectinas, aceites esenciales, vitaminas, micro-elementos y pigmentos naturales que son necesarios para las defensas naturales y merecen ser utilizados en monogástricos, para lograr un aprovechamiento integral.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar características organolépticas, químicas y de digestibilidad de

dietas elaboradas mediante la técnica de ensilaje con diferentes inclusiones de cáscara de naranja (*Citrus sinensis*), enriquecidas con fuentes proteínicas, vitamínicas y de minerales.

## Materiales y métodos

El presente estudio se realizó en los laboratorios de nutrición y química de la Universidad del Tolima, ubicada en el municipio de Ibagué, departamento del Tolima, cuyas condiciones ambientales de la zona son: temperatura promedio 24 °C, humedad relativa del 74 %, régimen de lluvias bimodal y precipitación anual media de 1500 mm.

Para la fabricación de dietas se formaron 5 tratamientos con niveles de inclusión de cáscara de naranja fresca de T1 (0 %), T2 (10 %), T3 (20 %), T4 (30 %) y T5 (40 %). Este material se obtuvo de establecimientos elaboradores de jugos, instalados en las cercanías del campo experimental. Las otras materias primas ensiladas fueron: sorgo, torta de soya, harina de arroz, premezcla, lisina, metionina, sal y grasa obteniendo dietas isoproteicas con porcentaje de 16 % (Tabla 1).

Los tratamientos se evaluaron a través de 5 tiempos de fermentación (1, 3, 7, 21 y 28 días) con 5 repeticiones (1 kg/repeticion). Para un gran total de 125 microsilos empacados al vacío en bolsas de polietileno con capacidad de 1 kg y grosor de 0,063 mm.

Se realizó caracterización organoléptica de los tratamientos a través de los tiempos de fermentación mediante elaboración de encuestas, apreciando color con parámetros de: amarillo claro, marrón claro, marrón

Tabla 1. Composición porcentual de los tratamientos con cinco inclusiones de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*).

MATERIAS PRIMAS	TRATAMIENTOS				
	T1	T2	T3	T4	T5
Sorgo	58,30	47,60	36,90	26,10	15,40
Cáscara de Naranja	0	10,00	20,00	30,00	40,00
Harina de arroz	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Torta de soya	18,00	18,70	19,40	20,21	21,2
Aceite	1,92	2,36	2,80	3,237	3,56
Sal	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Fosfato Bicalcico	0,08	0,13	0,124	0,140	0,140
Carbonato de Calcio	1,37	0,94	0,528	0,107	----
Lisina	0,13	0,11	0,094	0,074	0,05
Metionina	0,005	0,01	0,013	0,019	0,02
Premezcla	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Otros	4,50	4,45	4,44	4,41	3,93
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

oscuro, café oscuro; y olor: Agradable, ligeramente agradable, ligeramente desagradable y francamente desagradable. Con un total de 25 muestras evaluadas y 50 personas encuestadas.

Para el análisis proximal y del pH se evaluaron los 5 tratamientos a través de 3 tiempos de fermentación (3, 7 y 21 días) y 2 repeticiones. Para un total de 30 muestras evaluadas; estas se pesaron y secaron a 65 °C en una estufa de laboratorio por 24 horas para determinar MS; luego fueron molidas en un tamiz de 1 mm para el análisis proximal. Se tuvo en cuenta las técnicas reportadas por Harris (1970), determinando PC, EE, FC y CEN. El ENN se calculó restando estos valores de la MS.

En el experimento de digestibilidad se utilizó un cerdo de 25 kg de peso, al cual previamente se le implantó una cánula duodenal a 10 cm del píloro. El CD se realizó mediante la TBDM, se usaron muestras secas y molidas de aproximadamente 1,25 g de los tratamientos T2, T3 y T4 y los tiempos de fermentación (3, 7, 21 días); del tratamiento control se evaluó el tiempo de fermentación (21 días). Estas muestras se introdujeron en bolsas dacrón (25 x 40 mm), y de cada tratamiento y tiempo se formaron 10 repeticiones y un blanco con 1 g de material indigerible (plástico) para corrección de contaminación microbial. Obteniendo 110 repeticiones debidamente identificadas por tratamiento y tiempo, con hilo de color para el experimento de digestibilidad.

Las bolsas y su contenido se pesaron para obtener el peso de la muestra más el de la bolsa, además fueron predigeridas en un beaker con solución de pepsina (1 g/l) y HCL (3 %), empleando por cada bolsa 50 ml de solución. Se agitaron a 37 °C por 2,5 horas, con el objetivo de simular la digestión gástrica, según la técnica reportada por Sauer (1984).

Se introdujo 1 bolsa (repetición) en la cánula cada 40 minutos hasta completar las 11 bolsas; al día siguiente se recobraron en las heces, dejando descansar al animal 1

día por tratamiento y tiempo de fermentación. Las bolsas excretadas fueron lavadas minuciosamente, secadas y pesadas para obtener una estimación de la digestibilidad verdadera. El residuo que quedó en cada bolsa representó la fracción indigerible del alimento. Las 11 bolsas de cada tratamiento y tiempo se abrieron y sus residuos se mezclaron para el análisis proximal. Para un total de 10 muestras identificadas y enviadas al laboratorio para evaluar CD.

Los datos se procesaron mediante el uso del programa SAEGE versión 4.0 de la Universidad Federal de Viçosa. Se aplicó indistintamente la técnica de análisis de varianza; a los valores que resultaron significativos o altamente significativos se les aplicó la prueba de Duncan para establecer diferencias entre ellos y se utilizaron métodos de regresión lineal para determinar el comportamiento de los valores.

El modelo estadístico se describe así:

$$Y = T_i + T_{pj} + (T_i \times T_{pj}) + E$$

Dónde:

Y= Respuesta del tratamiento en esta repetición

T<sub>i</sub>= Efecto del i-énimo tratamiento (T2, T3 y T4)

T<sub>pj</sub>= Efecto del j- énimo tiempo de fermentación (3, 7 y 21 días)

E= Error de la jklmn - énsima repeticiones.

Finalmente se realizó el análisis económico correspondiente para determinar la eficiencia de las dietas estudiadas.

## Resultados y discusión

Caracterización organoléptica: Los tratamientos durante el proceso de conservación presentaron un olor agrada-

Tabla 2. Características organolépticas de los tratamientos a base de cáscara de naranja, a través de los tiempos de fermentación.

TRAT	Día 0		Día 03		Día 07		Día 21		Día 28	
	COLOR	OLOR	COLOR	OLOR	COLOR	OLOR	COLOR	OLOR	COLOR	OLOR
1	CO	LA	CO	LA	CO	LA	MO	A	MO	A
2	MO	A	MO	A	MO	A	MO	A	MO	A
3	MC	A	MC	LA	MC	LA	AC	A	AC	A
4	MC	A	MC	A	MC	A	MC	A	AC	A
5	MC	A	AC	A	AC	A	AC	A	AC	A

CO: Café oscuro

MO: Marrón oscuro

MC: Marrón claro

AC: Amarillo claro

A: Agradable

LA: Ligeramente agradable

ble y ligeramente agradable. Esto podría atribuirse a que las cáscaras de naranja además de la fragancia natural de los aceites esenciales, poseen ácidos que generan un olor agradable que acompañado del aumento de bacterias lácticas en el proceso de fermentación, le confirieron al ensilaje un olor ligeramente agradable Tabla 2.

A mayor inclusión del cítrico T3, T4 y T5 se presentó continuamente color marrón claro y amarillo claro, y por el contrario a menor nivel T1 y T2 el color fue marrón oscuro.

Los indicadores de calidad como color y olor, obtenidos en los ensilajes fueron favorables ya que según Vieyra (2006), el color de un ensilaje debe ser amarillo parduzco y no presentar color negro, ya que este color se asocia con la producción indeseable de amoníaco y el inicio de su degradación. Los resultados reportados en el presente estudio son similares a los de Ramírez et al. (1997), quienes trabajaron con subproductos cítricos, apreciando color marrón claro a través de los tiempos de fermentación.

#### Caracterización química:

pH: Los resultados del pH se muestran en la Tabla 3. Se observó que los tratamientos según el test de medias de Duncan fueron estadísticamente significativos entre sí ( $p < 0,01$ ); el tratamiento T4 mostró al día 21 el menor valor de pH (3,99). Los tratamientos a través de los tiempos de fermentación disminuyeron progresivamente (4,67 – 4,15), indicando que ocurrió una buena producción de ácido láctico que favoreció la disminución de este parámetro sin provocar el deterioro progresivo del ensilaje con el aumento del tiempo.

El tratamiento control a los 21 días de almacenamiento no descendió su valor de pH a 4,5, sugiriendo que necesitó más de 21 días de fermentación para lograr una buena producción de ácido láctico. El comportamiento de T5 indica que este porcentaje de inclusión no presentó el nivel más bajo de pH (4,04) a pesar de su

concentración de ácidos en la cáscara de naranja, demostrando que niveles superiores al 30 % del cítrico, en las muestras evaluadas no tuvieron mayor efecto en el descenso del pH.

La acidez creada al día 21 de almacenamiento por parte de los ensilajes con inclusión del cítrico, estimuló la estabilización del ensilaje; de acuerdo a Wattiaux (2003), esta fase es llamada “semisterilización” de la masa de ensilaje en el sentido que todo crecimiento bacteriano es paralizado, y eventualmente el crecimiento de la bacteria acidoláctica se inhibe a sí misma. Este autor indica que esta fase estable “puede durar meses (sino años) mientras el ensilaje se mantenga cerrado y protegido”.

Se presume que al momento de ensilar, hubo cantidad suficiente de azúcares fermentables en ausencia de oxígeno, logrando que estos azúcares se convirtieran en ácidos orgánicos (ácido fórmico, ácido acético, ácido láctico) (Wattiaux, 2003); siendo estos ácidos los responsables por la disminución temprana del pH en el ensilaje.

Los resultados del análisis de MS, PC, FC, EE, CEN y ENN, se presentan en la Tabla 4.

MS: El T1 presentó el valor más alto de MS (56,33 %) con respecto a los tratamientos con inclusión de cáscara de naranja T2 (54,06 %), T3 (49,65 %), T4 (44,59 %) y T5 (41,45 %) ( $p < 0,01$ ).

Este principio nutritivo disminuyó a través de los tiempos de fermentación (55,68 % a 45,27 %), coincidiendo en todos los tratamientos que a mayor nivel de inclusión de cáscara de naranja, menor porcentaje de este indicador.

Esto podría explicarse por la capacidad de absorción de agua de los residuos cítricos, debido a su contenido de pectina (Mazza et al., 2005); otro factor importante en el descenso de la MS fue la fermentación directa de los carbohidratos solubles y la respiración celular inicial de estos residuos ricos en humedad, ya que en ambos procesos se obtiene agua y se libera energía en forma

Tabla 3. Comportamiento del pH en los tratamientos, a través de los tiempos de fermentación.

TRATAMIENTOS	Tiempos / Días				MEDIA
	3	7	21	28	
1	5,87 a	5,09 b	4,79 c	4,5 d	<b>5,06 A</b>
2	4,32 a	4,26 b	4,15 c	4,13 c	<b>4,22 BC</b>
3	4,30 a	4,17 b	4,12 c	4,12 c	<b>4,18 C</b>
4	4,17 a	4,05 b	3,99 c	3,96 c	<b>4,04 D</b>
5	4,68 a	4,14 b	4,02 c	4,02 c	<b>4,22B</b>
<b>Media</b>	<b>4,67 A</b>	<b>4,34 B</b>	<b>4,21 C</b>	<b>4,15 C</b>	

Las letras indican la diferencia estadística. ( $p < 0,05$ ) por prueba de Duncan.

Tabla 4. Comportamiento de principios nutritivos (%) a través de los tiempos de fermentación (3, 7, 21 días)

TRATAMIENTOS	MATERIA SECA				MEDIA	Coeficiente variación
	Tiempos / Días			37		
	3	7	21			
1	62,80	54,53	51,68	<b>56,33 a</b>	1,347	
2	59,70	52,42	50,05	<b>54,06 b</b>	3,06	
3	56,85	46,63	45,48	<b>49,65 c</b>	0,714	
4	52,49	40,65	40,65	<b>44,59 d</b>	2,735	
5	46,58	39,30	38,48	<b>41,45 e</b>	1,774	
<b>MEDIA</b>	<b>55,68 a ± 6,08</b>	<b>46,70 b ± 6,45</b>	<b>45,27 c ± 5,41</b>			
PROTEINA						
1	21,93	21,25	23,02	<b>22,07 a</b>	1,871	
2	22,30	22,64	23,33	<b>22,76 b</b>	1,737	
3	22,77	23,30	23,76	<b>23,28 b</b>	0,998	
4	22,07	22,54	24,30	<b>22,97 b</b>	0,299	
5	20,41	23,59	28,72	<b>24,24 a</b>	2,003	
<b>MEDIA</b>	<b>21,90 c ± 0,88</b>	<b>22,66 b ± 0,87</b>	<b>24,63 a ± 2,23</b>			
FIBRA						
1	1,90	1,93	3,00	<b>2,28 ab</b>	25,394	
2	2,08	2,13	2,73	<b>2,31 ab</b>	16,473	
3	1,90	1,30	2,33	<b>1,84 b</b>	8,976	
4	2,40	2,35	2,73	<b>2,49 a</b>	3,754	
5	3,40	2,60	2,45	<b>2,82 a</b>	14,275	
<b>MEDIA</b>	<b>2,34 a ± 0,62</b>	<b>2,06 a ± 0,59</b>	<b>2,65 a ± 0,35</b>			
EXTRACTO ETereo						
1	8,60	10,48	10,80	<b>9,96 a</b>	9,755	
2	5,52	7,55	9,30	<b>7,46 b</b>	8,586	
3	5,57	4,15	3,40	<b>4,37 d</b>	4,065	
4	5,18	3,85	4,00	<b>4,34 d</b>	12,448	
5	6,68	5,65	6,98	<b>6,43 c</b>	8,454	
<b>MEDIA</b>	<b>6,31 a ± 1,38</b>	<b>6,34 a ± 2,64</b>	<b>6,90 a ± 3,07</b>			
CENIZAS						
1	7,65	7,15	7,90	<b>7,57 a</b>	2,289	
2	7,00	6,05	6,05	<b>6,37 b</b>	6,602	
3	7,10	4,35	4,47	<b>5,31 c</b>	3,194	
4	6,10	4,40	5,25	<b>5,25 c</b>	4,979	
5	5,30	5,07	4,80	<b>5,06 c</b>	10,955	
<b>MEDIA</b>	<b>6,63 a ± 0,89</b>	<b>5,41 b ± 1,18</b>	<b>5,70 b ± 1,31</b>			
EXTRACTO NO NITROGENADO						
1	59,39	58,47	53,82	<b>57,23 d</b>	1,752	
2	61,21	59,83	56,37	<b>59,14 c</b>	1,353	
3	59,81	63,84	63,22	<b>62,29 a</b>	0,724	
4	60,65	62,87	59,44	<b>60,99 b</b>	0,53	
5	61,10	60,02	53,85	<b>58,32 cd</b>	1,145	
<b>MEDIA</b>	<b>60,43 a ± 0,92</b>	<b>61,01 a ± 2,15</b>	<b>57,34 b ± 3,84</b>			

Las letras indican la diferencia estadística. ( $p < 0,05$ ) por prueba de Duncan.



de calor; sin embargo, no se verificaron aumentos de temperatura en los microsilos de ensilaje.

De manera contraria Leiva et al., (2007), encontraron valores más altos de MS en ensilajes cítricos con niveles de inclusión de 10 y 20 % para cerdos en precebo, con valores promedios de 79,9 % y 75,6 % respectivamente.

PC: Los tratamientos con inclusión de cáscaras de naranja obtuvieron mayores porcentajes de PC T2 (22,76 %), T3 (23,28 %), T4 (22,97 %) y T5 (24,24 %) con relación al tratamiento control (22,07 %) ( $p < 0,01$ ).

El aumento sucesivo de la proteína durante la fermentación de los ensilajes cítricos, se debe probablemente a la presencia de carbohidratos solubles que actúan como sustrato de crecimiento bacteriano, aumentando su proliferación por medio de esta línea de conservación; incrementando de esta forma, según Noriega (2007), los niveles de proteína unicelular y degradada.

Durante la fermentación se rompe el 60 % de las proteínas, aún cuando el material está bien conservado, y si hay condiciones adecuadas, los productos finales serán aminoácidos y péptidos pequeños que son asimilados fácilmente por el animal (Castañeda, 1999).

FC: Las medias de los tratamientos fueron significativas ( $p < 0,01$ ); Se observó que a mayor inclusión del cítrico, mayor porcentaje de FC. El T5 obtuvo el mayor valor de FC (2,82 %), esto puede deberse posiblemente a que esta materia prima posee polisacáridos no amiláceos, que gracias a sus propiedades físico-químicas y biológicas se relacionan a la fibra dietética y están asociados con acciones fisiológicas en el intestino delgado y grueso, teniendo importantes implicaciones en la salud (Sotto et al., 2009).

La FC no presentó cambios a través de los tiempos de fermentación (2,34-2,65 %). Esto se debe a que los carbohidratos solubles del ensilaje, son los primeros consumibles por las bacterias como sustrato de crecimiento y multiplicación. Luego de ser aprovechados en su gran totalidad, las bacterias empiezan a utilizar para este mismo fin la fibra cruda (Mahanna, 1998). En este contexto se plantea que los azúcares fueron suficientes para el sustento de microorganismos en el ensilaje.

Los valores alcanzados en el presente trabajo, fueron menores a los de Ramírez et al., (1997) con subproductos cítricos a diferentes niveles de inclusión, reportando valores de FC entre 7,04 y 8,16 %; estas divergencias, probablemente pueden ser atribuidas a las diferencias en la composición del subproducto de naranja, ya sea por su cualidad, variedad de la naranja, así como la región, época del año y la cantidad de procesos industriales a las que fue sometida.

EE: El nivel más alto de EE lo obtuvo el tratamiento control T1 con (9,96 %), el T4 presentó el nivel más bajo de EE (4,34 %) ( $p < 0,01$ ). El EE no tuvo cambios a través de los tiempos de fermentación.

CEN: Los tratamientos fueron significativos entre sí ( $p < 0,01$ ); T1 mostró un porcentaje alto de CEN (7,57 %). Este principio nutritivo disminuyó con relación al aumento de cáscara de naranja en los ensilajes, adicionalmente al aumentar los días de fermentación los valores de CEN decrecieron (6,63-5,70), sin embargo no se evidenciaron pérdidas de minerales solubles por salida de efluentes en el material ensilado.

Estos resultados coincidieron con Rojas-Bourrillón et al., (2001), quienes evaluaron la sustitución de maíz por pulpa cítrica deshidratada sobre la composición y producción láctea en bovinos, usando niveles de pulpa cítrica de 15, 30 y 45% con resultados decrecientes en el nivel de cenizas en ensilajes cítricos (8,13 % - 7,73 %).

ENN: El T3 obtuvo el mayor valor para el ENN (62,29 %) con respecto al tratamiento control (57,23 %) ( $p < 0,01$ ).

Este principio a través de los tiempos de fermentación disminuyó (60,43 % a 57,34 %). Esto podría explicarse debido a la fermentación de carbohidratos solubles, presentes ya en forma de fructosa, glucosa y sacarosa, por las bacterias acidolácticas para producir ácido láctico y otros productos. Los microorganismos usan carbohidratos solubles donde obtienen la energía para su crecimiento. Un mínimo de 6 a 12 % de los carbohidratos solubles son requeridos para la propia fermentación del ensilaje (Castañeda, 1999).

Los resultados del análisis químico sugieren que niveles de 10 y 20 % de cáscaras de naranja, presentan niveles adecuados para alimentación de cerdos en etapa de preiniciación de acuerdo al porcentaje de proteína obtenida (23 %).

Valores de digestibilidad: De acuerdo a los resultados de la caracterización organoléptica y química, se escogieron para pruebas de digestibilidad los tratamientos T1, T2, T3 y T4. Los CD se presentan en la Tabla 5.

El T4 (85,33 %) obtuvo el menor CDMS, presentando diferencia significativa ( $p < 0,01$ ) con respecto a los demás tratamientos T1 (87,76 %), T2 (89,04 %) y T3 (87,51 %); se demuestra que valores superiores a 20 % de cáscaras de naranja, generan disminución en el CDMS. Estos resultados fueron superiores a los reportados por Henrique (2003), quien evaluó dietas con niveles altos de pulpa cítrica (0, 25, 40 y 55 %), obteniendo valores inferiores para CDMS (71,14 %; 71,29 %; 72,24 % y 72,66 %), respectivamente.

Tabla 5. Valores promedios de digestibilidad de los principios nutritivos con diferentes inclusiones de cáscara de naranja (*Citrus sinensis*).

		% COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDAD					
TRATAMIENTOS		Materia seca	Proteína cruda	Extracto etéreo	Cenizas	Fibra cruda	ENN
10 % Cáscara de naranja	T2F3	88,63	94,16	89,71	93,41	52,6	88,45
	T2F7	90,63	95,67	87,61	93,31	62,28	90,51
	T2F21	87,87	94,22	88,27	91,94	65,83	88,39
MEDIA		89,04 a	94,68 a	88,53 a	92,88 a	60,24 a	89,12 c
20 % Cáscara de naranja	T3F3	86,87	91,8	71,27	87,05	57,9	90,1
	T3F7	86,33	95,83	70,57	70,97	45,73	89,5
	T3F21	89,34	97,72	58,37	77,92	72,11	91,02
MEDIA		87,51 ab	95,12 a	66,73 b	78,64 b	59,58 a	90,21 b
30 % Cáscara de naranja	T4F3	86,72	90,24	36,36	81,92	60,78	94,74
	T4F7	89,68	95,8	53,36	76,02	64,62	93,59
	T4F21	79,57	94,9	29,8	65,73	45,69	88,72
MEDIA		85,33 b	93,64 b	39,84 c	75,89 b	57,70 a	92,35 a
Control	T1F21	87,76	85,31	72,65	61,36	57,56	76,23

0 Las letras indican la diferencia estadística, ( $P < 0,05$ ) por prueba de Duncan.

Los T2 (94,68 %) y T3 (95,12 %), presentaron diferencia estadística ( $p < 0,01$ ) con valores más altos de CDPC en comparación a los demás tratamientos T1 (85,31 %) y T4 (93,64 %). Esta digestibilidad presentó valores crecientes con la inclusión del 10 y 20 % de cáscara de naranja, garantizando mayor absorción de proteína y demostrando la inclusión deseable del cítrico con la que se obtienen productos como aminoácidos y amoniaco necesarios para la producción de microflora en el ciego del cerdo.

Estos valores difieren a los encontrados por autores como Porcionato et al., (2004) y Fegeros et al., (1995), quienes encontraron resultados inferiores de CDPC con promedios de 48,18 % y 52,7 % respectivamente.

Los tratamientos con inclusión de cáscaras de naranja presentaron favorables CDFC, con valores promedios del T2 (60,24 %), T3 (59,58 %) y T4 (57,70 %) con relación al tratamiento control (57,56 %). Estos CDFC fueron altos debido a que la digestibilidad de la fibra varía de 5-18 % según NRC (1998). El valor restante podría ser explicado debido al nivel de FC presente en el cítrico y probablemente a su alto contenido de pectina, fuente de fibra dietaria en la dieta.

La fácil fermentabilidad de este subproducto rico en fibra dietaria (López et al., 1997), permite ser una fuente energética para la flora microbiana del colon y ciego de los cerdos, logrando acciones fisiológicas que dan lugar a ácido láctico y ácidos grasos volátiles.

La presencia en el colon de ácidos grasos volátiles,

estimula la proliferación de células en la mucosa e incrementa el flujo sanguíneo en la misma y la motilidad intestinal. Estos efectos resultan en un mejor mantenimiento de la integridad de la mucosa que actúa como barrera para bacterias y endotoxinas (Sáenz et al., 2007).

El mayor CDEE se presentó con nivel del 10 % del cítrico T2 (88,53 %); el T4 obtuvo un desfavorable CDEE (39,84 %), indicando que valores superiores al 20% provocan descenso importante de digestibilidad del EE.

Los CDEE mostrados en el presente trabajo, fueron superiores a los expuestos por Macedo et al. (2007), con valores de CDEE de 69,9 %, 74,8 % y 85,2 % para dietas con niveles de inclusión de pulpa cítrica de 25, 50 y 75 % respectivamente.

El CDCEN fue mayor para T2 (92,88 %), con relación a los demás tratamientos T1 (61,36 %), T3 (78,64 %) y T4 (75,89 %). Ramírez et al. (1997), encontró CDCEN similares al presente estudio con porcentajes entre 69,34 % y 83,99 % siendo mayor para el tratamiento que contenía subproductos cítricos.

Los valores de CDENN fueron altamente significativos entre los tratamientos; a mayor inclusión del cítrico, niveles más altos de CDENN fueron reportados. El tratamiento control presentó el menor valor de CDENN (76,23 %) con relación a los tratamientos T2 (89,12 %), T3 (90,21 %) y T4 (92,35 %), indicando que la inclusión de cáscaras de naranja en dietas ensiladas, favorece el aprovechamiento del ENN.

Tabla 6. Análisis económico de dietas ensiladas con niveles crecientes de cáscara de naranja.

MATERIAS VALOR		TRATAMIENTOS									
PRIMAS	/ Kg	T1		T2		T3		T4		T5	
		%	\$*	%	\$*	%	\$*	%	\$*	%	\$*
Sorgo	626,9	58,3	365,48	47,6	298,40	36,9	231,33	26,1	163,62	15,4	96,54
C. Naranja	100,0**	0	0,00	10	10,00	20	20,00	30	30,00	40	40,00
H. de arroz	607,6	15	91,14	15	91,14	15	91,14	15	91,14	15	91,14
T. soya	875,0	18	157,49	18,7	163,62	19,4	169,74	20,21	176,83	21,2	185,5
Aceite	4042,0	1,92	77,61	2,36	95,39	2,8	113,18	3,237	130,84	3,56	143,9
Sal	457,0	0,5	2,29	0,5	2,29	0,5	2,29	0,5	2,29	0,5	2,29
F. Bicálcico	2100,0	0,08	1,68	0,13	2,73	0,124	2,60	0,14	2,94	0,14	2,94
C. de Calcio	100,0	1,37	1,37	0,94	0,94	0,528	0,53	0,107	0,11	0	0,00
Lisina	5500,0	0,13	7,15	0,11	6,05	0,094	5,17	0,074	4,07	0,05	2,75
Metionina	11000,0	0,005	0,55	0,01	1,10	0,013	1,43	0,019	2,09	0,02	2,20
Premezcla	10000,0	0,2	20,00	0,2	20,00	0,2	20,00	0,2	20,00	0,2	20,00
Otros	100,0	4,5	4,50	4,45	4,45	4,44	4,44	4,41	4,41	3,93	3,93
<b>TOTAL</b>		<b>100</b>	<b>729,25</b>	<b>100</b>	<b>696,11</b>	<b>100</b>	<b>661,84</b>	<b>100</b>	<b>628,33</b>	<b>100</b>	<b>591,2</b>

\*Valores en pesos Colombianos para Agosto 2011.

\*\*Valor estimado de transporte, por no ser una materia prima comercial.

Se evidenció que las dietas ensiladas con inclusión del cítrico presentaron mayores CD para los principios nutritivos en relación al tratamiento control, demostrando que este subproducto aumentó la digestibilidad en las muestras analizadas.

Análisis económico: De acuerdo al análisis económico (Tabla 6), el tratamiento de costo favorable fue T5 (\$591,17), disminuyendo en un 19 % el valor total en comparación con el tratamiento control. Adicionalmente el T4 (\$628,33) disminuyó un 14 % de costos, en comparación a los tratamientos T3 (\$661,84), T2 (\$696,11) y T1 (\$729,25). Estos datos justifican la inclusión de las cáscaras de naranja en las dietas para producción de carne de cerdo.

## Conclusiones

Se sugiere que es posible incluir hasta un 20 % de ensilado de cáscaras de naranja en dietas para cerdos en iniciación, debido a las cualidades organolépticas y químicas que las muestras estudiadas obtuvieron en el proceso de investigación.

Las muestras de ensilajes de cáscara de naranja evaluadas, comprobaron que los coeficientes de digestibilidad fueron favorables en todos los principios nutritivos en

comparación al tratamiento control; demostrándose la posibilidad de que este subproducto agroindustrial incluido en dietas de cerdos en iniciación, garantizan la absorción de todos los nutrientes de la dieta.

## Agradecimientos

Al fondo de investigaciones de la Universidad del Tolima, por la financiación del trabajo.



## Referencias

- Acuerdo de Competitividad de la Cadena Productiva de los Cítricos en Colombia y Regional Citrícola del Tolima. 2002. Asohofrucol. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y Fondo Nacional de Fomento Hortofrutícola.
- Castañeda, et al., 1999. Caracterización nutricional y de digestibilidad de ensilajes de vísceras de pescado enriquecidas con fuentes proteicas y energéticas para la alimentación en cerdos. Tesis de grado en MVZ. Universidad del Tolima.
- Crampton, E., Harris, I., 1979. Nutrición Animal Aplicada. 2 ed Zaragoza, España, Acribia.
- Cuberos, H., 1986. Conservación y determinación del valor nutritivo del contenido ruminal en bovinos para la alimentación de cerdos. Tesis de Grado Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 109 p.
- Domínguez, P., Cervantes, A., 1980. Ensilaje de cítricos en la ceba de cerdos. Rasgos de comportamiento y canal. Ciencia y Técnica en la Agricultura, Serie Ganado Porcino. 3:1:56-60.
- Domínguez, P., 1995. Pulpa de cítricos en la alimentación de cerdos. Rev. Comp Prod Porc. 2:2:14
- Fegeros et al., 1995. Nutritive value of dried citrus pulp and its effect on milk yield and milk composition of lactating ewes. J Dairy Sci. 78:4:1116-1121.
- Franco, I., 2011. Panorama actual de la porcicultura en 2011. Asoporcicultores-Dane. Área económica. [Consultado 4 marzo 2011]. <http://agronica.udea.edu.co/talleres/Produccion%20porcina/Jorge%20FrancoPANORAMA%20ACTUAL%20DE%20LA%20PORCICULTURA-UDEA.pdf>.
- Hardy, C., Domínguez, G., Gutiérrez, A., 1986. "Conservación de pastos y forrajes", en Los pastos en Cuba, Ed, La Habana, 607-647p.
- Henrique, et al., 2003. Digestibilidade e balanço de nitrogênio em ovinos alimentados à base de dietas com elevado teor de concentrado e níveis crescentes de polpa cítrica peletizada. Rev. Bras. Zootec. 32:6:2007-2015. Suplemento 2.
- Itavo, et al., 2000. Aditivos na conservação do bagaço de laranja in natura na forma de silagem. Rev. Brás. Zootec. 29:5:1474-1484.
- Leiva, L., López, J., 2007. Ensilados de frutas cítricas para cerditos en preceba. Rev Comp Prod Porc. 14:2:137-140.
- Macedo, C., Mizubuti, E., Pereira, et al., 2007. Apparent digestibility and nitrogen use of diets with different levels of fresh orange pulp. Arch Zootec. 56:216:907-917.
- Marreno, I., Silveira, E., Garcia, E., 2005. Evaluación de sistemas de alimentación porcina a partir de fuentes energéticas de producción nacional. [Internet]. REDVET. 6:7.
- Martínez, C.H., Peña, M., 2005. La Cadena De Citricos En Colombia; Una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Observatorio Agro cadenas Colombia. Bogotá, Colombia. [www.fondohortifruticola.com.co/archivos/Cadenas/caracterizacion\\_citricos\\_2005.pdf](http://www.fondohortifruticola.com.co/archivos/Cadenas/caracterizacion_citricos_2005.pdf)
- Mazza Rodrigues, P.H., Oliveira Borgatti, I.M., Weldert Gomes, R., et al., 2005. Efeito da Adição de Níveis Crescentes de Polpa Cítrica sobre a Qualidade Fermentativa e o Valor Nutritivo da Silagem de Capim-Elefante. Rev. Bras. Zootec. 34:4:1138-1145.
- Netto, A., Paiva, F., Herling V., 2002. Efeito de aditivos e pré-emurhecimento na composição química de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* SCHUM CV. NAPIER). In: Reunião Anual Da Sociedade Brasileira De Zootecnia. 39. CD-ROM. (Forragicultura. FOR-245).
- Ojeda, F., Caceres, O., Montejó, I., 2003. Evaluación de diferentes materiales absorbentes para ensilar hollejo de cítrico. Pastos y Forrajes, 26:4
- Parra, J., Gómez, A., 2009. Importancia de la utilización de diferentes técnicas de digestibilidad en la nutrición y formulación porcina. Rev. MVZ Córdoba. 141:1633-1641.
- Pérez, R., López, J.L., Pedraza Olivera, R.M., et al. 2008. Caracterización de ensilajes in vitro de hollejo de naranja valencia (*Citrus sinensis*) con diferentes por cientos de inclusión de tallos de caña de azúcar. Centro de Estudios para el Desarrollo de la Producción Animal (CEDEPA), Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Camagüey, Cuba. Rev. prod. anim.; 20:1:47-50.
- Porcionato, M.A., Berchielli, T.T., Franco, G.L., et al. 2004. Digestibilidade, degradabilidade e concentração amoniacal no rúmen de bovinos alimentados com polpa cítrica peletizada normal ou queimada. Rev. Bras. Zootec. 33:1:258-266.
- Poveda, A y Ramos, W. 2001. Caracterización organoléptica, química y de digestibilidad de ensilajes de vísceras de pollo enriquecidos con fuentes energéticas y proteicas en cerdos. Tesis Universidad del Tolima. MVZ. Ibagué, Colombia.
- Ramírez, A., Córdoba, H., 1997. Estudios de caracterización organoléptica, química y de digestibilidad in vivo de ensilajes de subproductos de cítricos enriquecidos con fuentes proteicas para alimentación en cerdos. Tesis Universidad del Tolima. MVZ. Ibagué, Colombia.
- Revolta, LD, Mosquera, LD., Cuba, MF., 2008. Ensiling potential of orange fruit wastes (*Citrus sinensis*). Rev Cienc Téc Agrop. La Habana; 17:2:41-44.
- Rojas Bourrillon, A., Gamboa, I., Villareal, M., et al., 2001. La Sustitución de maíz por pulpa de cítricos deshidratada sobre la producción y composición láctea de vacas encastadas Holstein en el trópico húmedo de Costa Rica. Rev Agronomía Costarricense. 25:1:45-52.
- Sotto, V., Brito, M., López, B., Pérez, E., Velázquez, F., 2009. Empleo de la harina de cítricos en la alimentación de cerdas durante la gestación y la lactancia. Universidad de Granma. Cuba. [Internet]. Rev Comp Prod Porc. 16:1.
- Van Soest, P., 1994. Nutritional ecology of ruminant. 2. ed. Cornell University. Ithaca. 476 p.
- Velasco, LC., 2011. Industria porcícola colombiana. Sector con potencial. [Internet] Fondo Nacional de La Porcicultura. ACOVEZ- Asociación Colombiana de Médicos Veterinarios y Zootecnistas. [Consultado 3 agosto 2011]. [www.acovez.org/index2.php?option=com\\_content&do\\_pdf=1&id=59](http://www.acovez.org/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=59).
- Vieyra, MA., 2006. El ensilaje como método de conservación de forrajes. Universidad michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Tesis de pregrado. Morelia, Michoacan, 34 p.
- Wattiaux, M., 2003. Introducción a la preservación por ensilaje. Instituto de Babcock. Universidad de Wisconsin. [Consultado 25 septiembre 2011]. <http://babcock.cals.wisc.edu/downloads/wde/silage.es.pdf>.