

INGREDIENTES ALIMENTICIOS ALTERNATIVOS: CONCENTRACIÓN ENERGÉTICA Y EN NUTRIENTES, DIGESTIBILIDAD Y NIVELES RECOMENDADOS DE INCLUSIÓN

Hans H. Stein

University of Illinois, Urbana

Phone: 217 333 0013; Fax: 217 333 7088; hstein@illinois.edu

1.- INTRODUCCIÓN

La dieta tradicional maíz-soja se ha utilizado con éxito por la industria porcina en Estados Unidos durante más de 50 años. El maíz y la soja se complementan mejor que la mayoría del resto de los ingredientes, en términos de cubrir las necesidades nutritivas de los cerdos en crecimiento y de las cerdas reproductoras. Con los recientes aumentos en los costes del maíz y de la soja es, sin embargo, necesario buscar alternativas a estos ingredientes tradicionales, no para encontrar algo mejor que la mezcla maíz-soja, sino principalmente para identificar ingredientes que puedan ser mezclados para elaborar una dieta más barata que la tradicional. Los cerdos pueden rendir bien cuando son alimentados con muchas combinaciones diferentes de ingredientes. Por tanto, el desafío para los nutricionistas es identificar cuál de estas combinaciones resulta más económica para cubrir sus necesidades sin cambios en sus rendimientos productivos.

2.- COPRODUCTOS DEL MAÍZ

La industria del maíz en Estados Unidos da lugar a la producción de varios coproductos que pueden incluirse en dietas para ganado porcino. La utilización del maíz

para la producción de etanol, sirope de maíz, harina de maíz, o de otros productos para la industria o para consumo humano, resulta a menudo en la producción de coproductos o subproductos que no pueden utilizarse para su uso primario y quedan por tanto disponibles para la industria de la alimentación animal. La fermentación del maíz para la producción de etanol o de bebidas resulta en la producción de granos secos de destilería (DDG) que pueden o no ser mezclados con los solubles antes de ser desecados. Los granos de destilería secos con solubles (DDGS) son el producto obtenido si los solubles se añaden a la DDG antes de su desecación. Los DDGS tradicionales contienen entre un 9-12% de extracto etéreo, pero si la grasa se extrae de los solubles antes de que se añadan a los DDG se obtiene un producto desengrasado. A veces el maíz se descascarilla y se le extrae el germen antes de la fermentación. En este caso los granos de destilería producidos tienen un elevado contenido en proteína (HP-DDG). El germen de maíz que se separa del endospermo puede también utilizarse en la alimentación de ganado porcino.

Si el maíz se utiliza para producir grits o harina, se obtiene otro coproducto denominado *hominy feed* que también puede incluirse en dietas de porcino. La industria de molienda en húmedo da lugar a la producción de coproductos que están disponibles igualmente para la alimentación animal. Con este proceso, el maíz se limpia y se le puede o no extraer el germen para obtener aceite de maíz para consumo humano y harina de germen de maíz para alimentación animal. El maíz puede también molerse y lavarse para obtener salvado y producto libre de salvado. El salvado se procesa posteriormente para obtener el gluten feed de maíz que se usa en alimentación animal. El producto libre de salvado se centrifuga para separar el gluten y el almidón. El gluten se procesa posteriormente para dar lugar al gluten meal de maíz y comercializarse como ingrediente para piensos, mientras que el almidón se lava y se purifica para destinarse al consumo humano.

Por lo tanto, al menos nueve coproductos diferentes del maíz están disponibles para alimentación animal. Estos productos tienen diferentes características y composición en nutrientes y en energía para ganado porcino (cuadros 1 y 2). La mayor limitación para el uso de estos ingredientes en dietas de porcino es la concentración de fibra que permanece en los productos y que determina frecuentemente sus niveles de inclusión en el pienso. Se han realizado un número de experimentos con DDG, DDGS y HP-DDG que permiten documentar los efectos de diferentes niveles de inclusión (Cook et al., 2005; Whitney et al., 2004, 2006). Los resultados de estos ensayos permiten concluir que niveles de inclusión entre un 20 y un 30% de DDG, DDGS y HP-DDG normalmente no afectan a los rendimientos productivos. En determinadas circunstancias la inclusión de niveles superiores a un 30% puede ser recomendada (Cromwell et al. 2010; Widmer et al., 2008; Kim et al., 2009).

Cuadro 1.- Composición química del maíz y de sus coproductos (% sobre fresco)^{1,2}

	Maíz	Maíz DDGS	Maíz DDG	Maíz DDG	Maíz HP DDG	Maíz DDGS desengrasado	Germen de maíz	CGM	CGF	Harina germen maíz	Hominy feed
Energía bruta, kcal/kg	3.891	4.776		4.989			4.919	5.229	4.334	4.259	4.072
Proteína bruta, %	8,0	27,5	28,8	41,1	31,2		14,0	62,9	23,0	24,8	8,7
Calcio, %	0,01	0,03	-	0,01	0,05		0,03	0,05	0,22	0,02	0,05
Fosforo, %	0,22	0,61	-	0,37	0,76		1,09	0,44	0,83	0,59	0,43
Grasa, %	3,3	10,2	-	3,7	4,0		17,6	1,2	1,4	0,9	4,9
Fibra bruta, %	-	6,6	-	-	-		-	-	-	-	-
Almidón, %	-	7,3	3,83	11,2	-		23,6	8,3	21,5	16,0	53,6
Fibra neutro detergente, %	7,3	37,6	37,3	16,4	34,6		20,4	12,9	50,5	54,1	21,6
Fibra ácido detergente, %	2,4	11,1	18,2	8,7	16,1		5,6	7,0	10,2	10,9	3,4
Fibra dietética total, %	-	31,8	43,0	-	-		-	8,7	38,2	42,0	13,4
Cenizas	0,9	3,8	-	3,2	4,64		3,3	2,47	4,27	2,30	2,11
Aminoácidos esenciales, %											
Arginina	0,39	1,16	1,15	1,54	1,31		1,08	2,26	0,95	1,55	0,47
Histidina	0,23	0,72	0,68	1,14	0,82		0,41	1,31	0,61	0,64	0,24
Isoleucina	0,28	1,01	1,08	1,75	1,21		0,45	2,60	0,79	0,84	0,30
Leucina	0,95	3,17	3,69	5,89	3,64		1,06	10,09	1,86	1,86	0,91
Lisina	0,24	0,78	0,81	1,23	0,87		0,79	1,18	1,02	0,94	0,33
Metionina	0,21	0,55	0,56	0,83	0,58		0,25	1,61	0,32	0,40	0,15
Fenilalanina	0,38	1,34	1,52	2,29	1,69		0,57	4,03	0,87	1,04	0,41
Treonina	0,26	1,06	1,10	1,52	1,10		0,51	2,03	1,21	0,83	0,30
Triptófano	0,09	0,21	0,22	0,21	0,19		0,12	0,44	0,16	0,18	0,06
Valina	0,38	1,35	1,39	2,11	1,54		0,71	2,89	1,12	1,30	0,42
Aminoácidos no esenciales, %											
Alanina	0,58	1,94	2,16	3,17	2,13		0,91	5,30	1,48	1,38	0,60
Acido aspártico	0,55	1,83	1,86	2,54	1,84		1,05	3,85	1,44	1,68	0,60
Cisteína	0,16	0,53	0,54	0,78	0,54		0,29	1,14	0,43	0,33	0,17
Acido glutámico	1,48	4,37	5,06	7,11	4,26		1,83	12,04	2,70	2,84	1,35
Glicina	0,31	1,02	1,00	1,38	1,18		0,76	1,84	1,03	1,23	0,37
Prolina	0,70	2,09	2,50	3,68	2,11		0,92	5,68	1,61	1,09	0,61
Serina	0,38	1,18	1,45	1,85	1,30		0,56	2,54	0,73	0,80	0,35
Tirosina	0,27	1,01	-	1,91	1,13		0,41	3,27	0,64	0,67	0,27

¹ NRC (1998); Sauvant et al. (2004); Bohle et al. (2005); Stem et al. (2006c, 2009); Jacala et al. (2007, 2009); Pedersen et al. (2007a, b); Widmer et al. (2007); Palm et al. (2008a); Kim et al. (2009); Urrutia et al. (2009, 2010) y datos no publicados de la Universidad de Illinois

² DDGS = granos de destilería secos con solubles; DDG = granos de destilería secos; HP DDG = granos de destilería secos con alto contenido en proteína; CGM = gluten meal de maíz; CGF = gluten feed de maíz.

Cuadro 2.- Concentración de energía digestible (ED) y energía metabolizable (EM), digestibilidad aparente total en el aparato digestivo (ATTD) del fósforo y digestibilidad ileal estandarizada (SID) de aminoácidos en coproductos de maíz (% sobre fresco)^{1,2}

	Maíz	Maíz DDGS	Maíz DDG	Maíz HP DDG	Maíz DDGS desengrasado	Germen de maíz	CGM	CGF	Harina germen maíz	Hominy feed
ED, kcal/kg	4.072	4.140	-	4.903	2.719	3.979	4.225	2.990	2.987	3.355
EM, kcal/kg	3.981	3.897	-	4.583	2.506	3.866	3.830	2.605	2.796	3.210
Fósforo, ATTD, %	25	59	-	60	-	29	19	22	20	21
SID, AAs esenciales, %										
Arginina	87	81	83	83	82	83	94	90	90	96
Histidina	83	78	84	81	75	69	83	76	78	80
Isoleucina	81	75	83	81	75	57	86	77	77	71
Leucina	87	84	86	91	84	68	91	82	80	84
Lisina	72	62	78	64	50	58	79	69	68	59
Metionina	85	82	89	88	80	68	91	79	81	77
Fenilalanina	84	81	87	87	81	64	89	81	82	79
Treonina	74	71	78	77	66	53	84	75	71	66
Triptófano	70	70	72	81	78	67	92	88	81	82
Valina	79	75	81	80	74	62	85	75	76	72
SID, AAs no esenciales, %										
Alanina	83	78	82	86	77	64	88	78	76	79
Acido aspártico	80	69	74	76	61	60	83	66	66	69
Cisteína	82	73	81	82	64	64	81	65	64	76
Acido glutámico	80	80	87	88	78	72	88	77	78	83
Glicina	84	63	66	75	53	76	67	76	69	97
Prolina	96	74	55	73	73	84	97	97	99	98
Serina	83	76	82	84	73	65	90	77	75	82
Tirosina	82	81	-	88	81	59	90	81	79	78

¹ Bohlke et al. (2005), Stein et al. (2006c, 2009), Jacela et al. (2007, 2009), Pedersen et al. (2007 a, b), Wüdrner et al. (2007), Pahn et al. (2008a),

Kirn et al. 2009, Uriola et al. (2009) y datos no publicados de la Universidad de Illinois.

² DDGS = granos de destilería secos con solubles; DDG = granos de destilería secos; HP DDG = granos de destilería secos con alto contenido en proteína; CGM = gluten meal de maíz; CGF = gluten feed de maíz.

Para el germen de maíz la información disponibles es limitada, pero al menos puede incluirse un 15% en dietas para cerdos en cebo (Widmer et al., 2008; Lee et al., 2011). Para otros coproductos del maíz tales como el hominy feed, gluten meal, gluten feed y harina de germen no hay trabajos publicados. Sin embargo, en base a su concentración en fibra y proteína pueden aconsejarse niveles de inclusión de entre un 20 y un 40% de hominy feed y de un 20% para el resto.

Debido a la mayor concentración de fibra en los coproductos del maíz con respecto al grano, su digestibilidad energética es inferior (Pedersen et al., 2007; Stein et al., 2009). Sin embargo, la concentración total de energía es superior en los DDG, DDGS, HP DDG y en el germen que en el grano (cuadro 2). Para el gluten meal, gluten feed, hominy feed y la harina de germen, la información sobre su digestibilidad energética es limitada, pero en todos estos casos se espera que contengan menos energía digestible que el grano.

La digestibilidad del fósforo es mayor en los DDG, DDGS y HP DDG que en el grano ya que la fermentación reduce la cantidad de fósforo fítico (cuadro 2; Widmer et al., 2007; Almeida and Stein, 2010). Sin embargo, para los otros coproductos del maíz la digestibilidad del fósforo es similar a la del grano.

La digestibilidad de la mayor parte de los aminoácidos en los subproductos de maíz es menor que en el grano (Stein et al., 2006c), excepto en el caso del gluten meal. En algunos productos la disponibilidad de la lisina es relativamente baja como consecuencia del daño térmico producido durante su desecación (Pahm et al., 2008b).

3.- OTROS CEREALES Y COPRODUCTOS DE CEREALES

Aunque el maíz es con diferencia el grano de cereal más utilizado en la alimentación porcina en Estados Unidos, otros granos de cereales tales como la cebada, trigo y sorgo pueden también ser utilizados. Mientras que se cree que el trigo y el sorgo pueden reemplazar completamente al maíz en los piensos, la inclusión de cebada debería restringirse a menos de un 60% de la dieta suministrada a cerdos en crecimiento y cebo. En cambio, la cebada puede reemplazar completamente al maíz en piensos suministrados a cerdos en período postdestete y a cerdas reproductoras. La cebada contiene más fibra y menos almidón que el almidón y el trigo, que es la razón de los menores niveles de inclusión en dietas de crecimiento y cebo. El triticale y el centeno pueden también utilizarse en piensos de porcino a niveles de entre un 20 y un 40%, mientras que la avena puede usarse hasta niveles de un 30% en la mayor parte de los piensos de ganado porcino. La producción de triticale, centeno y avena es sin embargo muy baja en Estados Unidos y

por tanto no están disponibles habitualmente para la alimentación de porcino en cantidades apreciables.

El sorgo y el trigo pueden utilizarse también para la producción de etanol, lo que resulta en la obtención de los DDGS correspondientes. Los DDGS de sorgo y de trigo pueden utilizarse en dietas de porcino a los mismos niveles de inclusión que los del maíz. Las tercerillas de trigo son un coproducto de la industria de producción de harina que se incluye a menudo en piensos de porcino. Son ricas en fibra soluble y pueden emplearse en piensos de cerdos a niveles de hasta un 30%. Algunos ensayos sugieren que el valor nutritivo de las tercerillas de trigo es comparable a la de la cebada pero inferior al del maíz por su menor concentración en almidón y su mayor contenido en fibra neutro detergente (FND). El valor nutritivo de las tercerillas de trigo pueden cambiar entre diferentes partidas con variaciones en la concentración de FND, proteína bruta, lisina y fósforo entre un 29,9 y 30,1%, 14,6 y 17,8%, 0,62 y 0,72% y 0,70 y 1,19%, respectivamente (Cromwell et al., 2000). La digestibilidad del fósforo es relativamente alta en las tercerillas de trigo pero la digestibilidad de la energía y de los aminoácidos es baja (NRC, 1998; Huang et al., 1999). La concentración de nutrientes y de energía en este tipo de ingredientes se muestra en el cuadro 3, mientras que la digestibilidad de la energía y de los nutrientes se presenta en el cuadro 4.

4.- GUIANTES

Los guisantes se han incluido en piensos de porcino en la zona Pacífico Noroeste durante varias décadas, pero en el Medio-Oeste, que es donde se producen la mayor parte de los cerdos, su grado de utilización es muy bajo. Sin embargo, con los recientes incrementos en la producción de guisantes en el norte del Medio-Oeste, hay una mayor disponibilidad de este ingrediente. Los guisantes tienen un perfil nutritivo intermedio entre el maíz y la soja (Stein et al., 2004; Stein y Bohlke, 2007). La digestibilidad de la mayor parte de los aminoácidos es similar a los de la soja (cuadro 5), pero la proteína de guisante tiene una concentración relativamente más baja de metionina, cistina y triptófano. Por tanto, estos aminoácidos pueden resultar limitantes cuando los guisantes se incluyen en las fórmulas. La concentración en energía digestible (3.864 kcal/kg MS) de los guisantes es similar a la del maíz, pero los guisantes contienen menos energía metabolizable (3.741 kcal/kg MS) en relación con el maíz (Stein et al., 2004). La concentración de fósforo en los guisantes es de aproximadamente un 0,44% y su digestibilidad aparente en el total del tracto digestivo de un 55 y 65% respectivamente en piensos sin o con fitasa microbiana añadida (Stein et al., 2006a).

Cuadro 3.- Composición química de otros cereales y coproductos de cereales (% sobre fresco)^{1,2}

	Cebada	Sorgo	Trigo	Triticale	Centeno	Avena	Sorgo DDGS	Trigo DDGS	Tercerillas de trigo	Harina de galleta
Energía bruta, kcal/kg	3,855	3,848	3,830	3,752	3,752	4,110	4,334	4,817	3,990	-
Proteína bruta, %	12,9	9,8	12,44	12,5	11,8	11,5	31,0	38,2	15,9	11,3
Calcio, %	0,11	0,01	0,04	0,05	0,06	0,07	-	0,15	0,12	0,13
Fósforo, %	0,39	0,24	0,38	0,33	0,33	0,31	0,64	1,04	0,93	0,25
Grasa, %	1,8	-	2,0	1,8	1,6	4,7	7,7	3,6	4,2	11,3
Fibra bruta, %	-	-	2,4	-	-	-	9,8	7,6	-	-
Almidón, %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fibra neutro detergente, %	16,1	7,3	14,2	12,7	12,3	27,0	40,7	32,4	35,6	2,0
Fibra ácido detergente, %	6,0	3,8	2,9	3,8	4,6	13,5	22,8	17,0	10,7	1,3
Fibra dietética total, %	-	-	-	-	-	-	32,2	17,0	-	-
Cenizas	-	-	-	-	-	-	3,6	4,8	-	-
Aminoácidos esenciales, %										
Arginina	0,66	0,32	0,57	0,57	0,50	0,87	1,10	1,53	0,97	0,46
Histidina	0,29	0,23	0,29	0,26	0,24	0,31	0,71	0,92	0,44	0,27
Isoleucina	0,44	0,37	0,43	0,39	0,37	0,48	1,36	1,35	0,53	0,39
Leucina	0,87	1,25	0,83	0,76	0,64	0,92	4,17	2,66	1,06	1,10
Lisina	0,49	0,20	0,36	0,39	0,38	0,40	0,68	0,65	0,57	0,27
Metionina	0,21	0,18	0,21	0,20	0,17	0,22	0,53	0,53	0,26	0,18
Fenilalanina	0,64	0,47	0,53	0,49	0,50	0,65	1,68	1,92	0,70	0,52
Treonina	0,42	0,29	0,33	0,36	0,32	0,44	1,07	1,21	0,51	0,36
Triptófano	0,11	0,07	0,16	0,14	0,12	0,14	0,35	0,40	0,20	0,10
Valina	0,63	0,48	0,55	0,51	0,51	0,66	1,65	1,70	0,75	0,52
Aminoácidos no esenciales, %										
Alanina	0,53	0,86	0,44	-	-	-	2,90	1,48	-	0,65
Acido aspártico	0,78	0,60	0,62	-	-	-	2,17	1,92	-	0,65
Cisteína	0,24	0,18	0,27	0,26	0,19	0,36	0,49	0,73	0,32	0,22
Acido glutámico	2,86	1,92	3,57	-	-	-	6,31	9,81	-	2,01
Glicina	0,53	0,29	0,50	-	-	-	1,03	1,62	-	0,43
Prolina	1,24	0,77	1,14	-	-	-	1,40	4,11	-	0,88
Serina	0,46	0,37	0,48	-	-	-	2,50	1,88	-	0,43
Tirosina	0,31	0,25	0,27	0,32	0,26	0,41	-	-	0,29	0,36

¹NRC (1998); Sauvart et al. (2004); Feoli et al. (2007); Pedersen et al. (2007 b); Widyaratne and Zijlstra (2007); Lan et al. (2008); Umola et al. (2009); Widyaratne et al. (2009) y datos no publicados de la Universidad de Illinois.

²DDGS = granos de destilería secos con solubles.

Cuadro 4.- Concentración de energía digestible (ED), energía metabolizable (EM), aparente total del tracto digestivo (ATTD) de fósforo y estandarizada ileal digestible (SID) de aminoácidos en otros cereales y productos de cereales (% sobre fresco)^{1,2}

	Cebada	Sorgo	Trigo	Triticale	Centeno	Avena	Sorgo DDGS	Trigo DDGS	Tercerillas de trigo	Harina de galleta
ED, kcal/kg	3.050	3.380	3.400	3.320	3.270	2.770	-	-	3.075	-
EM, kcal, kg	2.910	3.340	3.250	3.180	3.060	2.710	-	-	3.025	-
Fósforo, ATTD, %	32	25	30	30	30	32	-	52	25	-
SID, AAs esenciales, %										
Arginina	81	70	88	88	79	89	78	86	95	92
Histidina	77	65	86	84	78	85	71	77	94	73
Isoleucina	76	66	84	84	77	80	73	80	92	71
Leucina	77	70	86	86	79	83	76	83	93	78
Lisina	72	57	75	81	73	76	62	57	89	48
Metionina	78	69	86	89	81	84	75	81	93	76
Fenilalanina	78	68	86	85	82	86	76	86	95	78
Treonina	70	64	79	76	73	71	68	75	88	62
Triptófano	79	57	86	88	75	78	70	86	91	83
Valina	74	64	81	84	75	79	72	82	90	70
SID, AAs no esenciales, %										
Alanina	70	69	76	-	-	-	73	68	-	73
Acido aspártico	71	66	78	-	-	-	68	57	-	62
Cisteina	74	64	86	87	83	75	66	75	91	69
Acido glutámico	71	52	84	-	-	-	76	86	-	82
Glicina	84	71	92	-	-	-	67	68	-	89
Prolina	99	50	105	-	-	-	83	81	-	99
Serina	75	72	88	-	-	-	73	77	-	76
Tirosina	74	67	81	83	76	82	-	-	92	77

¹INRC (1998), Sauvant et al. (2004); Pedersen et al. (2007b), Widyaratne and Zijlstra (2007), Lan et al. (2008), Uriola et al. (2009) y datos no publicados de la Universidad de Illinois.

² DDGS = granos de destilería secos con solubles.

Cuadro 5.- Composición en aminoácidos de la proteína y digestibilidad en guisantes y harina de soja (% sobre fresco)^a

	Guisantes			Harina de soja		
	%	% PB	SID ^b	%	% PB	SID ^b
Proteína bruta	22,8	100	79,9	47,5	100	84,5
Arginina	1,87	8,20	92,8	3,48	7,32	93,0
Histidina	0,54	2,37	88,3	1,28	2,70	89,7
Isoleucina	0,86	3,77	83,4	2,16	4,55	86,3
Leucina	1,51	6,62	85,7	3,66	7,71	86,1
Lisina	1,50	6,58	88,1	3,02	6,36	88,4
Metionina	0,21	0,92	77,9	0,67	1,41	89,1
Cisteina	0,31	1,36	67,3	0,74	1,56	83,9
Fenilalanina	0,98	4,30	86,9	2,39	5,05	86,9
Tirosina	0,71	3,11	84,7	1,82	3,83	87,2
Treonina	0,78	3,42	80,2	1,85	3,90	85,9
Triptófano	0,19	0,83	54,3	0,65	1,37	78,5
Valina	0,98	4,30	78,2	2,27	4,78	82,7

^aLos datos para composición y concentración en aminoácidos son de NRC (1998). Los datos para SID de proteína y aminoácidos son de Stein et al., 2004.

^bSID = Digestibilidad ileal estandarizada (%).

La lisina y el triptófano son los primeros aminoácidos limitantes en piensos basados en maíz y guisantes, pero debido a las relativamente bajas concentraciones de metionina, cistina y treonina digestible en guisantes, resulta también necesario prestar atención a los contenidos en estos aminoácidos. A menudo es necesario incluir fuentes cristalinas de metionina, treonina y triptófano en piensos elaborados a base de guisantes para formular una dieta equilibrada en todos los aminoácidos esenciales. En contraste, la inclusión de lisina cristalina y de fuentes inorgánicas de fósforo puede reducirse como consecuencia de las relativamente altas concentraciones de estos nutrientes en guisantes.

La concentración de la mayoría de los nutrientes en los guisantes es intermedia entre el maíz y la soja. Por tanto, si se incluyen guisantes en la fórmula las proporciones de maíz y soja disminuyen. Como regla práctica, un 3% de guisantes reemplaza aproximadamente un 2% de maíz y un 1% de harina de soja si se incluyen fuentes cristalinas de metionina, treonina y triptófano para equilibrar la concentración en aminoácidos esenciales. Al mismo tiempo, la incorporación de lisina cristalina y fosfato monocálcico (o fosfato bicálcico) se reduce.

Cuadro 6. Parámetros de crecimiento y de calidad de la canal en cerdos en crecimiento-cebo alimentados con diferentes niveles de guisantes^a

Guisantes (%)^b:	0/0/0	36/36/36	66/48/36	SEM	P-valor
Peso inicial, kg	22,9	22,7	22,7	0,55	0,49
Consumo medio diario, kg	2,74	2,60	2,82	0,079	0,12
Ganancia media diaria, kg	0,872	0,860	0,889	0,0247	0,59
Eficacia alimenticia, kg/kg	0,319	0,332	0,318	0,0087	0,38
Peso final, kg	129,0	124,1	129,2	3,18	0,59
Rendimiento a la canal, %	76,2	75,4	75,8	0,34	0,20
Espesor de grasa 10 ^o costilla, cm	2,32	2,40	2,41	0,134	0,81
Carne magra, %	51,8	51,0	51,3	0,636	0,67
Pérdida de agua, %	3,38	2,51	1,95	0,322	0,02

^aStein et al. (2006b). Cada media representa ocho observaciones con dos cerdos por corral.

^bLos valores representan los niveles de inclusión (%) de los guisantes en piensos suministrados desde los 22 hasta los 50 kg, desde los 50 hasta los 85 y desde los 85 hasta los 125 kg, respectivamente.

Los cerdos toleran bien los guisantes y el consumo no se ve afectado por su presencia en el pienso. Trabajos recientes indican que los guisantes pueden incluirse en dietas para lechones desde las dos semanas postdestete a un nivel de inclusión de al menos un 36% y que es posible incluir hasta un 48% en fases posteriores (Stein et al., 2010). A estos niveles de inclusión no se han observado efectos negativos sobre los rendimientos productivos.

Para crecimiento y cebo, los guisantes pueden incorporarse en concentraciones de hasta un 60-70% en los piensos sin afectar a la productividad (Petersen y Spencer, 2006; Stein et al., 2006b). A estos niveles de inclusión, toda harina de soja queda reemplazada por los guisantes sin influir en el consumo o ganancia de peso o en la eficacia alimenticia. Se han observado menores pérdidas de agua en la canal y un color más adecuado del músculo *longissimus dorsi* en cerdos alimentados con dietas que contenían guisantes, y otras características de la canal no resultaron afectadas. Igualmente, la palatabilidad de las chuletas y de la carne picada no resultó afectada por la inclusión de guisantes en el pienso (Stein et al., 2006b).

5.- HARINAS DE SOJA PROCESADAS

Mientras que la harina de soja puede utilizarse como único suplemento de proteína en piensos para cebo y reproductoras, las fuentes de proteína animal se emplean habitualmente en piensos de lechones ya que la harina de soja puede dar lugar a efectos antigénicos (Li et al., 1990; 1991; Sohn et al., 1994). Por tanto, es una práctica común limitar la inclusión de proteína de soja en piensos de lechones y emplear fuentes proteicas más costosas tales como proteína láctea, harina de pescado y proteínas de sangre como fuentes primarias de aminoácidos en esos piensos. Sin embargo, trabajos recientes han demostrado que el procesado de la harina de soja puede resultar en la eliminación de los antígenos, con lo que podría ser utilizada como fuente primaria de proteína en piensos de lechones. Dos nuevos productos de soja, HP 300 y PepSoyGen, libres de alérgenos de soja, han sido introducidos recientemente en el mercado norteamericano. El HP 300 se produce incubando harina de soja en presencia de una mezcla de enzimas que resultan en la eliminación de los antígenos de soja (Cervantes-Pahm y Stein, 2010; Goebel y Stein, 2011). Los oligosacáridos y azúcares de la harina de soja son también extraídos durante el proceso lo que resulta en un ingrediente que contiene aproximadamente un 53% de proteína bruta (cuadro 7; Zhu et al., 1998; Cervantes-Pahm y Stein, 2010). La digestibilidad de los aminoácidos en el HP 300 es superior a la de la harina de soja convencional (cuadro 7; Cervantes-Pahm y Stein, 2010), por lo que se piensa que este ingrediente puede ser bien tolerado en piensos para lechones.

PepSoyGen (NutraFerm, North Sioux City, SD) se produce por fermentación de la harina de soja en presencia de *Aspergillus oryzae* y *Bacillus subtilis*. En el proceso se extraen antígenos, factores antinutritivos, oligosacáridos y azúcares (cuadro 7; Hong et al., 2004; Yang et al., 2007; Cervantes-Pahm y Stein, 2010). PepSoyGen contiene aproximadamente un 10% más de proteína que la soja convencional pero el perfil de aminoácidos y su digestibilidad ileal estandarizada es similar (cuadro 7; Cervantes-Pahm y Stein, 2010). La inclusión de PepSoyGen en piensos de lechones en sustitución de la harina de soja convencional mejora los rendimientos productivos (Feng et al., 2007) por lo que parece posible que pueda emplearse en estas dietas reemplazando fuentes más costosas de proteína animal.

Cuadro 7.- Composición en nutrientes de las harinas de soja, HP 300 y PepSoyGen (% sobre fresco)¹

Item	Harina de soja	HP 300	PepSoyGen
DM	89,32	91,48	91,33
PB	45,07	54,40	53,74
Extracto etéreo	1,07	1,13	0,80
Fibra bruta	2,78	3,75	3,31
Ca	0,26	0,35	0,29
P	0,67	0,74	0,82
Glucosa	0	0,49	0,36
Sucrosa	7,81	0	0
Fructosa	0,63	1,11	0,70
Estaquiosa	5,17	0,71	0
Rafinosa	1,08	0,16	0
Aminoácidos esenciales			
Arg	3,06	3,75	3,50
His	1,13	1,35	1,30
Ile	1,89	2,31	2,48
Leu	3,37	3,98	4,09
Lys	2,77	3,06	3,11
Met	0,63	0,71	0,76
Phe	2,23	2,74	2,71
Thr	1,71	2,02	1,98
Trp	0,62	0,69	0,67
Val	1,96	2,40	2,69
Aminoácidos no esenciales, %			
Ala	1,86	2,25	2,29
Asp	4,80	5,71	5,67
Cys	0,67	0,76	0,77
Glu	7,48	8,75	8,56
Gly	1,77	2,26	2,23
Pro	2,08	2,46	2,45
Ser	1,97	2,35	2,24
Tyr	1,67	2,03	1,97

¹Cervantes-Pahm y Stein, 2010.

Cuadro 8.- Digestibilidad ileal estandarizada (%) en lechones de la proteína y los aminoácidos en harina de soja, HP 300 y PepSoyGen^{1,2}

Item	Harina de soja	HP 300	PepSoyGen
CP	80,3	92,2	82,2
Aminoácidos esenciales			
Arg	90,9	98,2	93,5
His	84,0	88,9	84,4
Ile	82,9	89,8	85,8
Leu	82,0	89,3	85,4
Lys	79,2	88,3	77,2
Met	85,5	92,2	88,3
Phe	84,1	91,9	87,2
Thr	77,4	85,8	78,5
Trp	84,8	87,5	83,5
Val	81,9	89,5	84,3
Aminoácidos no esenciales			
Ala	77,0	88,7	81,0
Asp	79,5	88,3	81,7
Cys	73,4	85,2	69,7
Glu	81,1	93,7	84,2
Gly	65,0	94,9	74,6
Pro	120,7	149,4	132,5
Ser	82,5	89,4	82,2
Tyr	86,1	92,1	87,7

¹ Cervantes-Pahm y Stein, 2010.

² Los valores son medias de ocho observaciones por tratamiento.

6.- REFERENCIAS

ALMEIDA, F.N. y STEIN, H.H. (2010) *J. Anim. Sci.* 88, 2968-2977.

BOHLKE, R.A., THALER, R.C. y STEIN, H.H. (2005) *J. Anim. Sci.* 83, 2396-2403.

CERVANTES-PAHM, S.F. y STEIN, H.H. (2010) *J. Anim. Sci.* 88, 2674-2683.

COOK, D., PATON, N. y GIBSON, M. (2005) *J. Anim. Sci.* 83(Suppl. 1), 335 (Abstr.)

CROMWELL, G.L., CLINE, T.R., CRENSHAW, J.D., CRENSHAW, T.D., EASTER, R.A., EWAN, R.C., HAMILTON, C.R., HILL, G.M., LEWIS, A.J., MAHAN, D.C., NELSSON, J.L., PETTIGREW, J.E., VEUM, T.L. y YEN, J.T. (2000) *J. Anim. Sci.* 78, 2652-2658.

- DEDECKER, J.M., ELLIS, M., WOLTER, B.F., SPENCER, J., WEBEL, D.M., BERTELSEN, C.R. y PETERSON, B.A. (2005) *J. Anim. Sci.* 83(Suppl. 2), 79 (Abstr.)
- FENG, J., LIU, X., XU, Z.R., LU, Y.P y LIU, Y.Y. (2007) *Anim. Feed Sci. Technol.* 134, 295–303.
- FEOLI, C., HANCOCK, J.D., MONGE, C., GUGLE, T.L., CARTER, S.D. y COLE, N.A. (2007) En: *Kansas State Univ. Swine Day Report 2007*, Kansas State University, Manhattan, KS. pp. 131-136
- GOEBEL, K.P. y STEIN, H.H. (2011) *J. Anim. Sci.* 89, XXXX (IN PRESS).
- HONG, K.J., LEE, C.H. y KIM, S.W. (2004) *J. Med. Food.* 7, 430–436.
- HUANG, S.X., SAUER, W.C., MARTY, B. y HARDING, R.T. (1999) *J. Anim. Sci.* 77, 2469-2477.
- JACELA, J.Y., DEROCHEY, J.M., DRITZ, S.S., TOKACH, M.D., GOODBAND, R.D., NELSSSEN, J.L., SULABO, R.C. y THALER, R.C. (2007) En: *Kansas State Univ. Swine Day Report 2007*, Kansas State University, Manhattan, KS. pp. 137-141
- JACELA, J.Y., FROBOSE, H.L. DEROCHEY, J.M., TOKACH, M.D., DRITZ, S.S., GOODBAND, R.D. y NELSSSEN, J.L. (2009) *J. Anim. Sci.* 87(E-Suppl. 3), 105. (Abstr.)
- KIM, B.G., PETERSEN, G.I., HINSON, R.B., ALLEE, G.L. y STEIN, H.H. (2009) *J. Anim. Sci.* 87, 4013-4021.
- LAN, Y., OPAPEJU, F.O. y NYACHOTI, C.M. (2008) *Anim. Feed Sci. Technol.* 140, 155-163.
- LI, D.F., NELSSSEN, J.L., REDDY, P.G., BLECHA, F., HANCOCK, J.D., ALLEE, G.L., GOODBAND, R.D. y KLEMM, R.D. (1990) *J. Anim. Sci.* 68, 1790–1799.
- LI, D.F., NELSSSEN, J.L., REDDY, P.G., BLECHA, F., KLEMM, R.D., GIESTING, D.W., HANCOCK, J.D., ALLEE, G.L. y GOODBAND, R.D. (1991) *J. Anim. Sci.* 69, 3299–3307.
- LEE, J.W., KEEVER, B.D., KILLEFER, J., McKEITH, F.K. y STEIN, H.H. (2011) *J. Anim. Sci.* 89(Suppl. E-3), XX (Abstr.) Accepted.
- NRC (1998) En: *Nutrient Requirements of Swine*. Tenth rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington DC. pp. 110-142.
- PAHM, A.A., PEDERSEN, C., HOEHLER, D. y STEIN, H.H. (2008a) *J. Anim. Sci.* 86, 2180-2189.
- PAHM, A., PEDERSEN, A.C. y STEIN, H.H. (2008b) *J. Agric. Food Chem.* 56, 9441-9446.
- PEDERSEN, C., BOERSMA, M.G. y STEIN, H.H. (2007a) *J. Anim. Sci.* 85,1168-1176.
- PEDERSEN, C., BOERSMA, M.G. y STEIN, H.H. (2007b) *J. Anim. Sci.* 85, 2473-2483.
- PETERSEN, G.I. y SPENCER, J.D. (2006) *J. Anim. Sci.* 84(Suppl. 2), 93 (Abstr.)

- SAUVANT, D., PEREZ, J. y TRAN, G. (2004) *Tables of composition and nutritional value of feed materials*. 2nd ed. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands.
- SOHN, K.S., MAXWELL, C.V., BUCHANAN, D.S. y SOUTHERN, L.L. (1994) *J. Anim. Sci.* 72, 622-630.
- STEIN, H.H. y BOHLKE, R.A. (2007) *J. Anim. Sci.* 85, 1424-1431.
- STEIN, H.H., BENZONI, G., BOHLKE, R.A. y PETERS, D.N. (2004) *J. Anim. Sci.* 82, 2568-2578.
- STEIN, H.H., BOERSMA, M.G. y PEDERSEN, C. (2006a) *Can. J. Anim. Sci.* 89, 523-525.
- STEIN, H.H., CONNOT, S.P. y PEDERSEN, C. (2009) *Asian-Austr. J. Anim. Sci.* 22, 1016-1025.
- STEIN, H.H., EVERTS, A.K.R., SWEETER, K.K., PETERS, D.N., MADDOCK, R.J., WULF, D.M. y PEDERSEN, C. (2006b) *J. Anim. Sci.* 84, 3110-3117.
- STEIN, H.H., PEDERSEN, C., GIBSON, M.L. y BOERSMA, M.G. (2006c) *J. Anim. Sci.* 84, 853-860.
- STEIN, H.H., PETERS, D.N. y KIM, B.G. (2010) *J. Sci. Food Agric.* 90, 1429-1436.
- URRIOLA, P.E., PEDERSEN, C., STEIN, H.H. y SHURSON, G.C. (2009) *J. Anim. Sci.* 87, 2574-2580.
- URRIOLA, P.E., SHURSON, G.C. y STEIN, H.H. (2010) *J. Anim. Sci.* 88, 2373-2381.
- WHITNEY, M.H. y SHURSON, G.C. (2004) *J. Anim. Sci.* 82, 122-128.
- WHITNEY, M.H., SHURSON, G.C., JOHNSON, L.J., WULF, D.M. y SHANKS, B.C. (2006a) *J. Anim. Sci.* 84, 3356-3363.
- WIDMER, M.R., MCGINNIS, L.M. y STEIN, H.H. (2007) *J. Anim. Sci.* 85, 2994-3003.
- WIDMER, M.R., MCGINNIS, L.M. WULF, D.M. y STEIN, H.H. (2007) *J. Anim. Sci.* 86, 1819-1831.
- WIDYARATNE, G.P. y ZIJLSTRA, R.T. (2007) *Can. J. Anim. Sci.* 87, 103-114.
- WIDYARATNE, G.P., PATIENCE, J.F. y ZIJLSTRA, R.T. (2009) *Can. J. Anim. Sci.* 89, 91-95.
- YANG, Y.X., KIM, Y.G., LOHAKARE, J.D., YUN, J.H., LEE, J.K., KWON, M.S., PARK, J.I., CHOI, J.Y. y CHAE B.J. (2007) *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 20, 775-783.
- ZHU, X., LI, D., QIAO, S., XIAO, C., QIAO, Q. y JI, C. (1998) *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 11, 201-207.