

Evaluación de la soja con alto contenido de ácido oleico: energía y digestibilidad de aminoácidos y su impacto en la calidad del huevo y de la carne

Edgar O. Oviedo-Rondón, MVZ, MSc., PhD, Dip. ACPV, MBA

Profesor, University Faculty Scholar

Departamento Prestage de Ciencias Avícolas, Universidad Estatal de Carolina del Norte, Raleigh, NC, 27606

edgar_oviedo@ncsu.edu

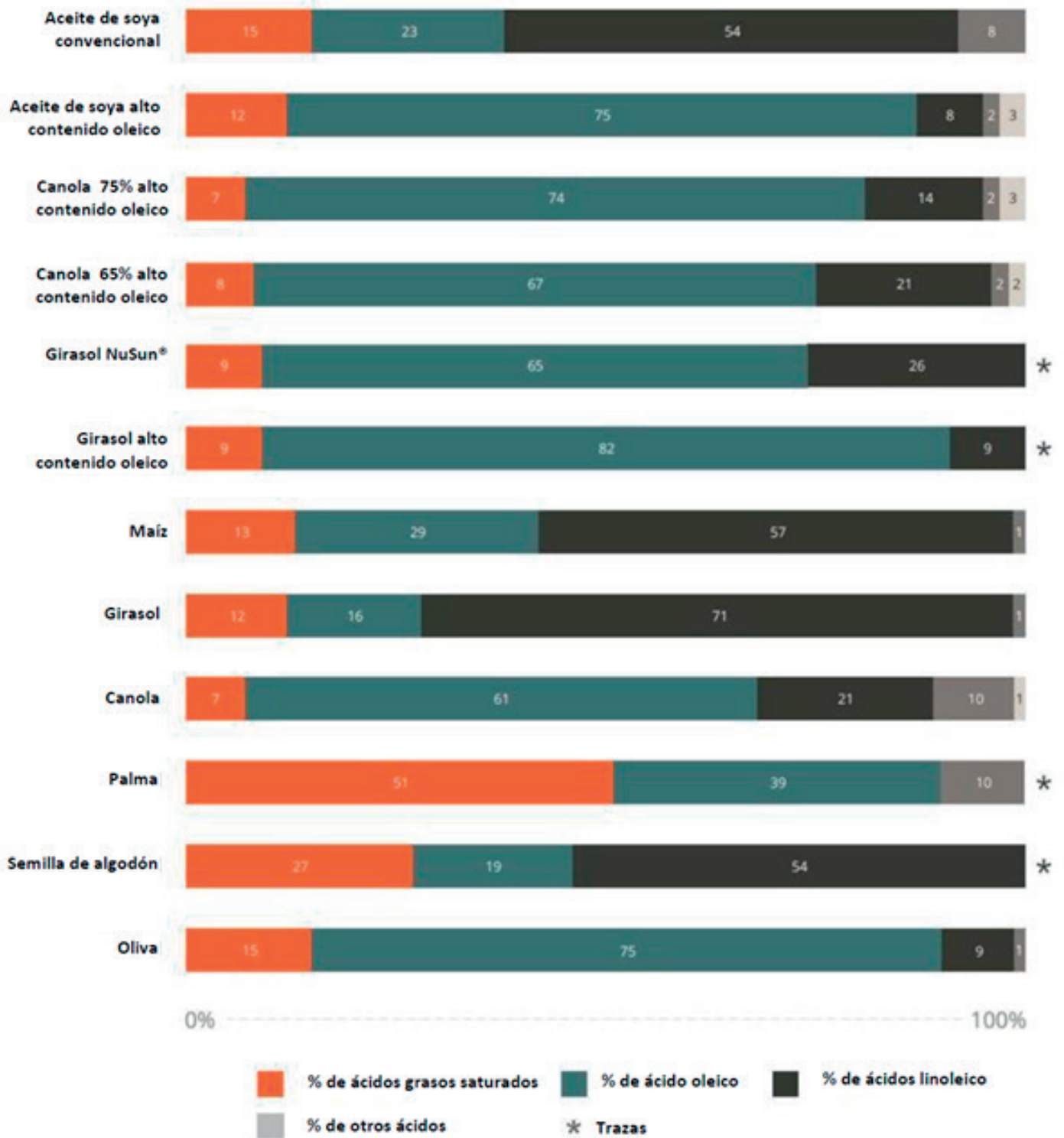
Introducción

La producción mundial de soja puede llegar en el 2023 a 401.3 millones de toneladas a nivel mundial (USDA, Septiembre 12, 2023). Aproximadamente el 80% de la producción mundial se concentra entre Brasil, Estados Unidos, y Argentina. En Estados Unidos más de 150 variedades de sojas son cultivadas y la soja amarilla es la dominante. Entre 45 y 48% de la soja producida en los Estados Unidos es exportada contribuyendo con aproximadamente 34% del mercado mundial. Esta es la mayor exportación agrícola de Estados Unidos. La calidad nutricional y el valor relativo (\$/TM) de la harina de soja americana para nutrición animal es la más alta entre los tres mayores productores y exportadores.

El mayor valor nutricional de la harina de soja de Estados Unidos está influenciado por el mayor contenido de energía, buen balance de aminoácidos, alto contenido de aminoácidos como arginina, y alta digestibilidad de aminoácidos. El mayor contenido de energía metabolizable (AME y AMEn) se puede deber a la mayor concentración de sucrosa del haba cultivada en Estados Unidos.

Estados Unidos produce altas cantidades de soja pues esta oleaginosa provee más del 50% de todos los aceites vegetales utilizados en este país. La demanda por este aceite está aumentando debido a su aplicación para generar biodiesel. Y la harina de soja es un co-producto de esta industria de aceites. Como parte de la constante innovación en la producción de soja se desarrolló con biotecnología y selección genética (no-genéticamente modificada) variedades de soja con un alto contenido de ácido oleico. Este aceite contiene 75% de ácido oleico, lo cual es similar al aceite de oliva. La producción de aceites con alto ácido oleico está creciendo en todas las oleaginosas debido a beneficios en la salud humana. Además el alto oleico provee mayor estabilidad para los productores de alimentos y alimentos procesados, funcionalidad comparable con los aceites hidrogenados, pero sin los problemas de los ácidos grasos trans, y permiten la eliminación de preservativos químicos como TBHQ y EDTA.

El aceite de soja con alto oleico ofrece una vida de freído tres veces más prolongada que el aceite de soja convencional. El índice de estabilidad oxidativa de este aceite es mayor a 25 horas. Esto reduce costes, consumo, y desechos. Este aceite alto oleico genera menor acumulación de polímeros durante la cocción. También tiene un sabor neutro y ligero para destacar el sabor de los alimentos. Tiene propiedades de fusión para utilizarlo en mantequillas sólidas y semisólidas de soja con aplicaciones en pastelería. La temperatura en la que comienza a generar humo es al menos 10 grados superior al aceite tradicional de soja, canola o girasol de alto oleico. Una descripción del perfil de ácidos grasos de diversos aceites esta descrita en la Figura 1.



Fuente: United Soybean Board

Figura 1. Comparación de los perfiles de ácidos grasos de diversos aceites, incluyendo los altos en ácido oleico.

La producción del aceite de soya de alto oleico tiene grandes perspectivas de crecer en los próximos años. Estas semillas son producidas actualmente únicamente en los Estados Unidos y existe un sistema para preservar la identidad de origen. Hay dos variedades de soya de alto oleico utilizadas actualmente por los 12 mayores proveedores de soya o aceite de soya de alto oleico. Estas variedades son llamadas Plenish[®] de origen biotecnológico y SOYLEIC[™] la cual es no genéticamente modificada y obtenida por selección. Una descripción de su composición de acuerdo a las compañías que las han desarrollado se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Composición de las habas de soya de alto contenido oleico en los Estados Unidos.

<i>Desarrollador de tecnología de semillas de alto contenido oleico</i>	Nombre del producto AO	Tecnología de desarrollo de semillas	Rango oleico (%)	Rango linoleico (%)	Rango linolénico (%)	Rango de saturados totales (%)
<i>Bayer Crop Science</i>	Vistive®Gold	Biotech	65 -74 ²	17	3	6
<i>Corteva™ Agriscience</i>	Plenish®	Biotech	75 – 80	4 - 7	2	<12
<i>Missouri Soybean Merchandising Council</i>	SOYLEIC™	No GM	78 - 84	6 - 8	1 - 3	<12

¹Información proporcionada por desarrolladores de tecnología de semillas AO Soybean Trait

²Dependiendo del lugar de producción

Fuente: Sanders and Tegeder, 2021. USSEC.

Enriquecer carne de aves y huevos con ácido oleico?

Debido a las propiedades de los productos de ácido oleico anteriormente indicadas se ha planteado que productos cárnicos y los huevos también podrían ser enriquecidos con este ácido graso a través de alimentar pollos, gallinas y peces con harina integral de soya y otras oleaginosas. Nuestro grupo de investigación en la Universidad Estatal de Carolina del Norte en colaboración con el USDA-ARS desarrollamos un proyecto de investigación para evaluar el uso de la soya integral extrusada de alto oleico.

Se utilizó una variedad no genéticamente modificada similar a la SOYLEIC[®] pero proveniente del proceso de selección del USDA en Raleigh, Carolina del Norte. La composición nutricional, el valor energético, la digestibilidad de los aminoácidos de la soya integral extrusada de soya con alto oleico fue evaluada en varios experimentos. La inclusión de soya integral extrusada se evaluó en dietas de gallinas y pollos para observar el impacto en el desempeño de las aves, crecimiento, producción de huevos y conversión alimenticia. Igualmente, el impacto en la carne y en el huevo fueron evaluadas, especialmente en el perfil lipídico de estos productos. En estos experimentos se compararon los resultados con dietas que incluían productos de haba de soya tradicional como la harina de soya, soya extrusada expeller, y soya integral extrusada. La composición nutricional de los productos evaluados se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Composición nutricional de las fuentes de soya evaluadas

Nutrientes	Harina de soya con extracción por solvente	Soya extrusada expeller	Soya integral extrusada	
			Acido oleico normal	Alto ácido oleico
Proteína cruda, %	47.15	43.80	38.31	38.18
Grasa cruda, %	2.57	8.99	18.21	18.21
Fibra cruda, %	3.77	5.27	6.10	6.10
Calcio, %	0.34	0.20	0.28	0.28
Fósforo total, %	0.63	0.57	0.48	0.48
Cenizas, %	6.83	6.41	5.52	5.52
Fósforo disponible, %	0.23	0.19	0.16	0.16
Lisina, %	2.83	2.66	2.34	2.40
Aminoácidos sulfurados, %	0.64	1.21	1.06	1.13
Treonina, %	1.81	1.68	1.49	1.49
Valina, %	2.22	2.07	1.82	1.82
Leucina, %	3.52	3.33	2.86	2.80

Nutrientes	Harina de soya con extracción por solvente	Soya extrusada expeller	Soya integral extrusada	
			Acido oléico normal	Alto ácido oléico
Triptófano, %	1.29	0.59	0.51	0.50
Inhibidor de tripsina, mg/g	0.95	7.46	11.02	11.02
<i>Aminoácidos digestibles</i>				
Lisina, %	2.57	2.36	2.03	2.09
Aminoácidos sulfurados, %	1.12	1.00	0.84	0.89
Treonina, %	1.52	1.41	1.24	1.24
Triptofano, %	0.57	0.52	0.43	0.41
Isoleucina, %	1.93	1.82	1.51	1.49
Leucina, %	3.20	2.97	2.50	2.45
Valina, %	1.97	1.80	1.55	1.55
Histidina, %	1.08	0.99	0.87	0.88
Arginina, %	3.20	2.91	2.48	2.58
Fenilalanina, %	2.16	1.96	1.69	1.68
Acido palmitico C16:0, %	0.67	0.80	1.93	1.20
Acido palmitoleico C16, %	0.00	0.01	0.03	0.02
Acido estearico C18:0, %	0.17	0.26	0.61	0.48
Acido oleic C18:1, %	0.68	1.40	3.12	11.13
Acido linoleic C18:2, %	2.65	3.79	9.55	1.71
Acido linolenic C18:3, %	0.41	0.59	1.45	0.02

La composición proximal fue determinada por un laboratorio certificado por la AOAC, ATC Scientific (Little Rock, AR, USA). Los valores de aminoácidos fueron determinados por NIRS. Otros valores fueron calculados utilizando estándares de la literatura para soyas de cada fuente.

Valor de energía metabolizable

Los valores de energía metabolizable aparente (EMA) y corregida por retención de nitrógeno (EMEn) fueron determinados en un experimento con pollos de 19 a 23 días. Se utilizó el método de sustitución con colecta total y parcial de excretas. Los resultados se presentan en la Figura 2. Los resultados indican que la soya integral con alto oleico tiene un contenido de energía similar al de la soya integral tradicional y mayor a la expeller y la harina de soya extraída por solvente.

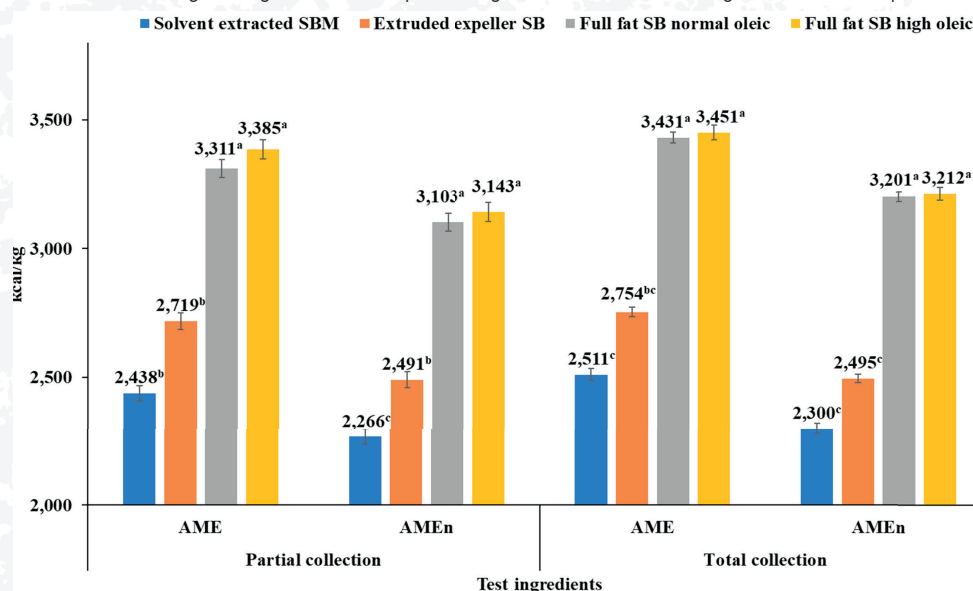


Figura 2. Energía metabolizable aparente (AME) y corregida por nitrógeno (AMEn) de las harinas de soya extraída con solvente, expeller, y soya integral (full-fat) de contenido de ácido oleico normal o de alto oleico.

Digestibilidad de aminoácidos

En otro experimento con pollitos de 19 a 22 días de edad, se utilizaron dietas libres de nitrógeno para evaluar la digestibilidad ileal aparente y estandarizada de los aminoácidos de estas soyas. La dieta basal libre de nitrógeno contenía 78.0% de almidón de maíz, dextrosa (6.50%), minerales y vitaminas, y fibras provenientes de productos como Solkaflock (3.00%) y Arbocel (1.00%). Las soyas se agregaron a esta dieta basal a un 42.50%.

Los coeficientes de digestibilidad ileal estandarizada obtenidos para cada aminoácido se observan en la Figura 3. La digestibilidad de las dos soyas integrales extrusadas es casi la misma para todos los aminoácidos y siempre menor que la soya extraída por solvente o la soya expeller extrusada.

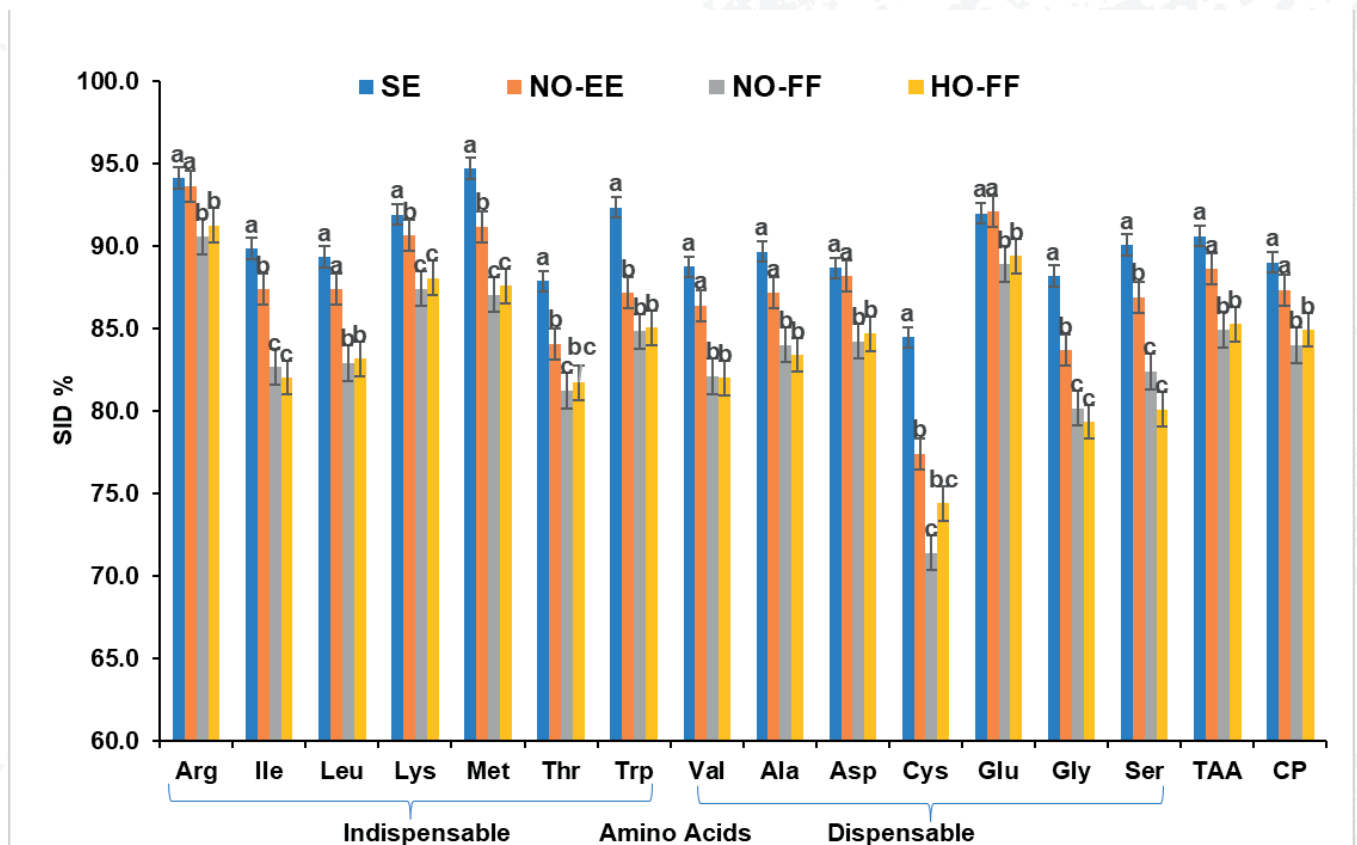


Figura 3. Coeficientes (%) de digestibilidad ileal estandarizada (SID) de soya extraída por solvente (SE), expeller extrusada (NO-EE), e integral extrusada de haba tradicional con contenido normal de ácido oleico (NO-FF) y extrusada de alto nivel oleico (HO-FF). a - c Médias que no comparten letras con el mismo superescrito en una barra son significativamente diferentes ($P < 0.05$) por el test de Tukey's.

Efecto de la soya de alto oleico en el desempeño de las gallinas y en el huevo

La inclusión de soya integral extrusada con alto oleico no afectó significativamente el peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, producción de huevo, o peso medio de los huevos (Tabla 3) en comparación a gallinas alimentadas conteniendo las otras fuentes de soya evaluadas.

El único parámetro afectado por los tratamientos en la calidad del huevo fue el color de la yema (Tabla 4). Las soyas integrales extrusadas terminaron con colores más pálidos de las yemas. Pero el perfil de ácidos grasos de las soyas si fue afectada, incrementando como se esperaba el ácido oleico y reduciendo el palmítico, linoleico y linolenico cuando se incluyó la soya integral extrusada con alto contenido de oleico (Tabla 5). El contenido total de grasa de la yema no fue afectado por los tratamientos.

Tabla 3. Desempeño comparativo de gallinas alimentadas con dietas conteniendo soya integral extrusada con alto oleico.

Tratamientos	Peso inicial	Peso final	Consumo de alimento	Conversion alimenticia	Producción de huevo gallina alojada (%)	Peso del huevo diario (g)
Harina de soya extraída por solvente	1568	1693	109.0 ^a	1.727	92.71	63.16
Soya expeller extrusada	1565	1628	96.34^b	1.601	96.35	60.20
Soya integral extrusada ácido oleico normal	1589	1660	101.1 ^{ab}	1.660	93.75	60.98
Soya integral extrusada alto oleico	1618	1695	102.5^{ab}	1.641	94.27	62.52
SEM	46.7	45.9	3.144	0.046	2.292	1.383
<i>P</i> -value	0.656	0.417	0.003	0.065	0.451	0.136

Tabla 4. Efectos de la inclusión de fuentes de soya en la calidad de los huevos.

Tratamientos	Peso huevo (g)	Unidades Haugh (UH)	Altura de albumen (mm)	Color de la cascara (%)	Dureza de la cascara (g fuerza)	Color de la yema (1-15)
Harina de soya extraída por solvente	61.2	92.1	8.66	81.8	4936	8.50 ^a
Soya expeller extrusada	59.4	91.6	8.46	82.3	5285	8.75^a
Soya integral extrusada ácido oleico normal	59.4	96.1	9.39	83.9	4772	7.83 ^b
Soya integral extrusada alto oleico	61.2	94.6	9.11	81.8	4432	7.83^b
SEM	1.15	1.89	0.398	0.689	229	0.248
<i>P</i> -value [□]	0.495	0.332	0.364	0.117	0.081	0.022

Efecto de la soya de alto oleico en el desempeño de los pollos y en la carne

La ganancia de peso de los pollos y la conversión alimenticia de los pollos fue inferior para las dietas con soya integral extrusada con nivel normal de oleico o alto oleico. Probablemente, los niveles de inhibidores de tripsina mayores de esta fuente alcanzaron a afectar el desempeño. Esto es algo que se puede superar mejorando el proceso. El rendimiento de carcasa también fue reducido con la soya extrusada alta en oleico. Pero el perfil de ácidos grasos de la carne de los pollos fue influenciado por la fuente de soya (Tabla 6). Las dietas con soya integral extrusada de alto oleico incrementaron el ácido oleico y redujeron el linoleico y linolenico. Efecto similar fue observada en la carne de las gallinas alimentadas con estas mismas fuentes de soya (Tabla 7). En la carne de pollo también se observó reducción en los ácidos grasos palmítico, palmitoleico, y araquidónico, así como otros ácidos grasos saturados.

Tabla 5. Perfil comparativo de ácidos grasos de la yema de huevos de gallinas alimentadas con dietas conteniendo soya integral extrusada de alto oleico y otras fuentes de soya con contenido tradicional de ácido oleico

Parámetro	Harina de soya extraída por solvente	Soya expeller extrusada	Soya integral extrusada ácido oleico normal	Soya integral extrusada alto oleico	SEM	P-value
Grasa cruda, %	34.00	33.31	33.14	33.47	0.348	0.685
Palmitico % (C16:0)	24.16 ^a	23.32^b	23.20 ^b	22.05^c	0.137	<0.0001
Estearico % (C18:0)	9.77 ^a	9.73^a	10.13 ^a	7.56^b	0.193	<0.0001
Oleico % (C18:1)	35.96 ^b	35.32^{bc}	34.80 ^c	50.67^a	0.28	<0.0001
Linoleico % (C18:2)	21.0 ^c	22.51^b	23.25 ^a	11.32^d	0.243	<0.0001
Linolenico % (C18:3)	0.943 ^b	1.135^a	1.108 ^a	0.427^c	0.353	<0.0001
Pentadecanoico % (C15:0)	0.063	0.073	0.065	0.070	0.017	0.929

Tabla 6. Efecto de las fuentes de soya en el perfil de ácidos grasos en los músculos pectorales de pollos de engorde de 47 días de edad.

Fatty acids %	<i>Pectoralis major</i>			SEM	CV%	P-value	<i>Pectoralis minor</i>			SEM	CV%	P-value
	NO-EE SB	NO-FF SB	HO-FF SB				NO-EE SB	NO-FF SB	HO-FF SB			
Oleico (18:1, cis)	31.50 ^b	26.57 ^c	48.85 ^a	0.50	6.2	<0.001	33.27 ^b	27.50 ^c	51.33 ^a	0.36	3.3	<0.001
Linoleico (18:2, cis)	25.66 ^b	32.61 ^a	14.87 ^c	0.33	5.7	<0.001	26.72 ^b	34.64 ^a	14.85 ^c	0.34	3.8	<0.001
Palmitico (16:0)	19.83 ^a	17.95 ^b	17.07 ^c	0.19	3.8	<0.001	20.3 ^a	17.98 ^b	17.26 ^c	0.17	3.4	<0.001
Estearico (18:0)	6.69 ^a	6.73 ^a	5.58 ^b	0.11	7.4	<0.001	6.35 ^a	6.21 ^a	5.37 ^b	0.08	7.9	<0.001
Palmitoleico (16:1, cis)	3.48 ^a	2.12 ^c	2.56 ^b	0.09	16.3	<0.001	3.92 ^a	2.37 ^c	2.80 ^b	0.10	16.4	<0.001
Araquidonico (20:4, n6)	3.10 ^a	3.25 ^a	2.37 ^b	0.19	33.4	0.012	1.90	2.12	1.95	0.12	33.0	0.405

Soya expeller extrusada (NO-EE-SB), Soya integral de contenido tradicional de ácido oleico (NO-FF SB) y soya integral de alto oleico (HO-FF SB).

Conclusiones

La soya integral extrusada con alto oleico se puede utilizar en alimentación para pollos y ponedoras. En soyas extrusadas es importante prestar mayor atención a los niveles de inhibidores de tripsina para evitar efectos negativos en desempeño, especialmente para pollo. El valor energético y la digestibilidad de aminoácidos de esta soya con mayor contenido de ácido oleico es similar al de la soya tradicional integral extrusada. El alto contenido de ácido oleico se transfiere efectivamente a los huevos y la carne, reduciendo ácidos linoleico y linolenico. Se espera que estos productos avícolas tengan mayor estabilidad a la oxidación durante el almacenamiento.

Tabla 7. Efecto de las fuentes de soya en el perfil de ácidos grasos en los músculos pectorales de gallinas.

Parámetros	Harina de soya extraída por solvente	Soya expeller extrusada	Soya integral extrusada ácido oleico normal	Soya integral extrusada alto oleico	SEM	P-value
Grasa cruda, %	1.248	1.0717	1.2567	1.295	0.0079	0.232
Palmitico % (C16:0)	20.15	20.40	20.10	19.87	0.6451	0.880
Estearico % (C18:0)	7.64	6.95	6.86	6.70	0.025	0.068
Oleico % (C18:1)	26.15^b	25.77^b	26.255^b	31.742^a	0.92	0.0004
Linoleico % (C18:2)	24.76 ^{ab}	23.81 ^b	26.88 ^a	22.78 ^b	1.056	0.007
Linolenico % (C18:3)	1.053^{ab}	1.076^{ab}	1.378^a	0.999^b	0.129	0.034
Pentadecanoico % (C15:0)	0.098	0	0	0.037	0.129	0.033

Referencias

Maharjan, P., A. Rahimi, K. L. Harding, T. C. Vu, R. Malheiros, E. O. Oviedo-Rondon, R. Mian, M. Joseph, L. Dean, K. E. Anderson, and O. Toomer. 2023. Effects of full-fat high-oleic soybean meal in layer diets on nutrient digestibility and egg quality parameters of a white laying hen strain. *Poultry Science* 102(4):102486. doi.org/10.1016/j.psj.2023.102486.

Toomer, O.T., E. O. Oviedo, M. Ali, D. Patino, M. Joseph, M. Frinsko, T. Vu, P. Maharjan, B. Fallen, and R. Mian. 2023. Current Agronomic Practices, Harvest & Post-Harvest Processing of Soybeans (*Glycine max*)—A Review. *Agronomy* 13(2):427. doi.org/10.3390/agronomy13020427

Ali, M. 2022. Effects of high oleic full-fat soybean on live performance, carcass and meat quality, meat fatty acid composition, AMEn and amino acid SID in Broilers. MS Thesis. North Carolina State University. <https://www.proquest.com/docview/2787194752?pq-origsite=gscholar&fromopenview=true>