

# EFFECTO DE LA TEMPERATURA DE EXTRUSIÓN, HUMEDAD Y CONTENIDO DEL ACEITE DE GIRASOL SOBRE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES Y DIGESTIBILIDAD DE ALIMENTOS PARA GANADO BOVINO

Efren Delgado\* 1 Óscar Alvarado-González<sup>2</sup> Hiram Medrano-Roldán<sup>2</sup> Jesús Rodríguez-Miranda<sup>3</sup> Francisco Carrete-Carreón<sup>4</sup> Damián Reyes-Jáquez\*\* 2

1College of Agr., Consumer and Environmental Sciences, Depart.of Family and Consumer Sciences, Food Science and Technology, New Mexico State Univ., USA.2Depto. Ingeniería Química y Bioquímica, Posg. en Ing. Bioquímica, Tec. Nac. de México/ Inst. Tec.de Durango, México.3Tec. Nac. de México/ Inst. Tec. de Tuxtepec, México.4Fac. de Med. Vet. y Zoo., Univ. Juárez. México.

## Resumen

La preparación de productos extruidos con alto contenido de aceite presenta un desafío tecnológico, debido a que el aceite disminuye la fuerza mecánica específica pero también actúa como lubricante y forma complejos de almidón y lípidos; disminuyendo así la gelatinización del almidón. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la temperatura, la humedad y el contenido de aceite de girasol en el proceso de extrusión de alimento para ganado bovino. Se usaron dos ingredientes principales para cada dieta: alfalfa (*Medicago sativa* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Los resultados obtenidos mostraron que la alta temperatura, la humedad y el contenido de aceite, disminuyeron la densidad aparente y la dureza ( $P < 0.05$ ). La interacción entre el contenido de aceite y la temperatura aumentó tanto la densidad aparente como la dureza, mientras que la interacción entre el contenido de humedad y aceite aumentó la dureza ( $P < 0.05$ ). La optimización se realizó con base en las características fisicoquímicas de alimentos comerciales, mostrando que las mejores dietas de frijol se obtuvieron a 121 °C, 14% de contenido de humedad con 0% de aceite de girasol; 120 °C y 16% de contenido de humedad con 3.5% de aceite de girasol; y, 142 °C y 15% de contenido de humedad con 7% de aceite de girasol. La degradabilidad efectiva varió de 87.4 a 90.4% para todas las dietas extruidas; y ninguno de ellos mostró diferencias significativas entre el frijol y la alfalfa ( $P < 0.05$ ), lo que abre una gran oportunidad potencial de

producir altas concentraciones de ALC a partir del aceite de girasol a nivel ruminal.

**Palabras clave:** alimento para ganado bovino, digestibilidad, aceite de girasol.

## INTRODUCCIÓN

La cría de ganado es una de las principales piedras angulares de la economía mundial, y generalmente se sustenta en los pastizales, que últimamente se han visto afectados por muchos problemas, en particular, las estaciones secas (Petherick, 2005). Una opción viable para ayudar a resolver este problema es utilizar frijoles pintos (*Phaseolus vulgaris* L.) como ingrediente para la alimentación de los animales. Los frijoles pequeños, divididos o partidos se consideran un subproducto agroindustrial, no apto para el consumo humano. El frijol tiene un buen contenido proteico (18-24%) y energético (60-65%), pero también tiene la desventaja de factores anti-nutricionales (ácido fítico, taninos condensados, polifenoles, inhibidores de tripsina, quimotripsina, inhibidores de  $\alpha$ -amilasa, y presencia de actividad hemaglutinante) (Iniestra-González *et al.*, 2005). Sin embargo, estos factores pueden inhibirse mediante procesos térmicos, como la extrusión (González-Valadez *et al.*, 2008). El aceite de girasol es rico en ácido linoleico (El-Saidy *et al.*, 2011), que los rumiantes transforman en ácido linoleico conjugado (ALC); término común que se refiere a todos los isómeros de un ácido carboxílico octadecanoico con insaturación en diferentes posiciones. El ALC presenta varios beneficios para la salud: ayuda a disminuir la pérdida de peso promoviendo el crecimiento de la masa muscular y, además, es anticancerígeno (Pariza *et al.*, 2001). El contenido de ALC en la leche bovina varía de 6 a 16 mg/g de lípidos, siendo menor en la carne (Chillard *et al.*, 2007).

El consumo diario recomendado de ALC es de 3 g/d para una persona de 70 kg, teniendo las tasas de consumo más altas en Australia (1,5 g/d) y Alemania (0,5 g/d) (Poulson *et al.*, 2004). Los estudios mostraron un aumento de 1,5 g/100 g de lípidos en la leche obtenida de bovinos alimentados con un 11,2% de pipas de girasol y un aumento de 0,8 g/100 g de lípidos de bovinos alimentados con un 5% de una mezcla de aceite de girasol y aceite de pescado (3:1) (Abu-Ghazaleh y Holmes, 2006). La extrusión tiene una amplia gama de aplicaciones alimentarias (Singh *et al.*, 2007), lo que representa una buena alternativa de procesamiento, debido a su viabilidad económica, ya que los residuos de cultivos están infrautilizados en muchos países en desarrollo. Esta investigación tuvo como objetivo estudiar el efecto de la temperatura (T), el contenido de humedad (CH) y el contenido de aceite de girasol (CA) en el proceso de extrusión para la elaboración de pienso bovino, lo que podría reflejarse en el contenido de ALC de leche y carne para consumo humano.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Dietas experimentales**

Se elaboraron dos dietas con 10% de harina de frijol (HF) o 10% de harina de alfalfa (HA). Se utilizó residuo agroindustrial de frijol saltillo (*Phaseolus vulgaris*) (frijoles pequeños y partidos), así como alfalfa (*Medicago sativa*), harina de maíz (*Zea mays*), melaza de caña, Mine-Gan, Química Industrial Agropecuaria SA de CV, México), harina de soja (47,7% de proteína bruta), aceite de girasol y CaCO<sub>3</sub>. Todos los ingredientes se trituraron y tamizaron (<2 mm). Se utilizaron tres proporciones de porcentajes de CA/harina de maíz: 0:55, 3,5: 51,5 o 7:48. Todos los demás ingredientes se mantuvieron constantes para HA y HF: melaza de caña: 5%; harina de soja: 5%; CaCO<sub>3</sub>: 2%; y harina de semillas de algodón sin glándulas: 23%.

### **Composición química**

La composición química de las materias primas, los extruidos y dos dietas comerciales se determinó siguiendo los estándares (AOAC, 2019).

### **Extrusión**

Las muestras se procesaron con una extrusora de tornillo simple de laboratorio Brabender (Modelo 2523, 3/4 "L/D - relación 25: 1, C. W., Disburg, Alemania), con cuatro zonas de calentamiento. Las tres primeras zonas de calentamiento tenían una T constante; 90, 100 y 110 °C, respectivamente. La cuarta zona de calentamiento varió (120, 135 y 150 °C), según diseño experimental. La fuerza de compresión del tornillo fue de 1: 1 y el diámetro interno de la boquilla de salida fue de 6 mm. Antes de la extrusión, todos los ingredientes se mezclaron y acondicionaron a CH de 14, 16 o 18%, siguiendo un diseño experimental. Después del procesamiento, las muestras extruidas se enfriaron en la sala T durante 4 horas y se almacenaron en bolsas de poliuretano selladas a 4 °C para su posterior análisis.

### **Diseño experimental y análisis de datos**

Se realizó un diseño factorial con tres variables independientes para ambas dietas: CA (X1) [0, 3.5 y 7%], T (X2) [120, 135 y 150 °C] y CH (X3) [14, 16 y 18 %] antes de la extrusión. Las variables de respuesta fueron: índice de expansión (IE), densidad aparente (D), índice de absorción de agua (IAA), índice de solubilidad en agua (ISA) y dureza (Du). La metodología de respuesta de superficie se aplicó a los datos experimentales utilizando el software Design Expert 7.0® y los resultados se analizaron mediante múltiples regresiones cuadráticas. El análisis estadístico y los análisis de varianza (ANOVA) para cada respuesta se realizaron utilizando Statistica 7.0®.

## Optimización

La optimización se realizó para cada CA utilizando un diseño compuesto central con tres variables independientes. Las respuestas prioritarias utilizadas para la optimización fueron: Du 25 - 50 N, IE 1.0 - 1.1, ISA mínimo y D. máximo.

## Propiedades funcionales

La IE y D se midieron de acuerdo con (Gujska y Khan, 1990 and Wang *et al.*, 1993), respectivamente. IAA e ISA se determinaron según lo descrito por (Ding *et al.*, 2005). Du se evaluó utilizando un analizador de perfil de textura modelo TA – XT2 (Texture Technologies Corp., Scarsdale, NY/Stable MicroSystems, Haslemere, Surrey, Reino Unido). En cada ensayo, se cortaron quince muestras utilizando una sonda de cuchilla Warner Brazler (sensibilidad de 1 kgf y 5 cm min<sup>-1</sup>) para evaluar la resistencia a la rotura.

## Digestibilidad *in vitro* y degradabilidad efectiva

La digestibilidad *in vitro* (DIV) se calculó mediante el procedimiento Daisy II (ANKOM, 2017). El inóculo se preparó diluyendo el líquido ruminal obtenido de una vaca (raza criollo) fistulada en rumen de 459 kg alimentada en pasto libre, con una solución tampón 1: 4 (v/v). La comparación de medias se obtuvo mediante la prueba de Tukey (P <0,05). La degradabilidad efectiva (DE) se calculó siguiendo el método (Solanas *et al.*, 2004). Las diferencias de medias (Duncan, 95%), las correlaciones (Pearson) y las pruebas t (Student) se realizaron utilizando Statistica 7.0®.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Composición química

El contenido químico de todos los ingredientes (Tabla 1) es comparable a otros informes (Reyes-Jáquez *et al.*, 2011), excepto por el contenido de cenizas de alfalfa, que es 2% superior a los valores reportados, posiblemente debido a una mayor presencia de fertilizantes. Además, el contenido de proteína cruda de la alfalfa fue ligeramente más alto que otros informes

Ingrediente	Ceniza	Proteína bruta	Grasa bruta	Fibra bruta	ELN*
Harina de Alfalfa	10.6 ± 0.15	25.2 ± 1.68	0.6 ± 0.06	23.1 ± 1.29	40.3 ± 0.06
Harina de Pinto Saltillo	3.9 ± 0.11	24.2 ± 0.38	0.9 ± 0.11	2.3 ± 0.19	68.6 ± 0.56
Harina de soya	6.9 ± 0.03	58.5 ± 0.53	1.8 ± 0.13	0.0 ± 0.00	32.8 ± 0.43
Maíz	1.5 ± 0.04	9.2 ± 0.56	1.9 ± 0.00	2.9 ± 0.02	84.3 ± 0.64
Harina de semilla de algodón	7.2 ± 0.72	52.5 ± 1.13	1.9 ± 0.14	7.6 ± 0.09	30.6 ± 1.80
Melaza	7.1 ± 0.78	5.8 ± 0.89	0.1 ± 0.02	0.5 ± 0.05	86.9 ± 3.96
Carbonato de calcio	39.7 ± 1.86	0.1 ± 0.02	0.0 ± 0.00	0.0 ± 0.00	60.2 ± 2.97

ELN= Extracto libre de nitrogenot

(Coblentz y Hoffman, 2009). El ELN más alto se mostró en frijoles pintos, aumentando así la capacidad de extrusión de las dietas (Reyes-Jáquez *et al.*, 2012). Tabla 1.

Composición química de los ingredientes antes de la extrusión (g/100g MS).

## Propiedades funcionales

Todos los coeficientes de regresión de IE son bajos (Tabla 2), posiblemente porque la ELN (Tabla 1) no es lo suficientemente alta para expandirse, y las condiciones del proceso no produjeron un diferencial de presión significativo, lo que influyó solo en la conformación, no en la expansión. Estos resultados son similares a otros (Reyes-Jáquez *et al.*, 2011), donde dietas similares fueron extruidas a la misma T pero con mayor CH (18 - 22%) y sin aceite. La adición de aceite en los extruidos disminuye la gelatinización del almidón debido al menor esfuerzo cortante aplicado sobre la mezcla, ya que actúa como lubricante; también promueve la formación de complejos lípidos-almidón, lo que restringe la interacción agua-almidón, lo que resulta en una menor IE, (Liu *et al.*, 2006). D y Du de HA y HF presentaron coeficientes negativos significativos en todos los términos lineales (Tabla 2). Los porcentajes altos de CA generan una matriz menos estructurada y más frágil, debido a la formación de complejos lípidos-almidón (Abu-Hardan *et al.*, 2011); además, el alto contenido de fibra bruta contribuye a la fragilidad de las matrices extruidas (Reyes-Jáquez *et al.*, 2012). El alto contenido de lípidos en los extruidos desacelera la retrogradación del almidón y reduce el Du, lo que agrega el hecho de que el alto contenido de T degrada aún más los gránulos de almidón, incluso conduce a la dextrinización y crea una matriz menos densa y más fácil de romper (Rodríguez-Miranda *et al.*, 2012). Alto CH genera una mayor cantidad de vapor, produciendo un volumen expandido cuando la mezcla se expone a un diferencial de presión, resultando en la ruptura de las paredes celulares de las matrices y creando un producto más poroso con bajo D y Du ( $P < 0.05$ ) (Reyes-Jáquez *et al.*, 2012). La interacción CA-T presentó un efecto positivo significativo ( $P < 0.05$ ) sobre D y Du, debido a que altas concentraciones de aceite generan más complejos lípido-almidón, aunque una T alta podría conducir a romper dichos complejos, permitiendo la gelatinización y retrogradación del almidón (De Pilli *et al.*, 2011). La interacción CA-CH tuvo un efecto positivo ( $P < 0.05$ ) sobre Du; (Hernández-Hernández *et al.*, 2011) propusieron un modelo de almidón y complejos de  $\alpha$ -lisofosfatidilcolina (LPC), lo que indica una fuerte competencia entre los lípidos y el agua para unirse con el almidón, e inferir que es probable que los altos niveles de CH y CA unan el almidón y agua, gelatinizándola y obteniendo matrices más densas y duras.

Tabla 2. Coeficientes de regresión obtenidos de modelos de superficie de respuesta cuadrática para dietas de frijol y alfalfa. X1 = contenido de aceite, X2 = temperatura, X3 = contenido de humedad.

El IAA se relaciona, en primer lugar, con la cantidad de agua absorbida por los gránulos de almidón tras la ingestión en exceso de agua y puede utilizarse como índice de grado de gelatinización (González-Valadez *et al.*, 2008); y, en segundo lugar, al equilibrio hidrófilo de las proteínas en la mezcla, que cambia según el grado de desnaturalización de las proteínas,

Respuestas	Intersección		Lineal			Cuadrática			Interacciones			R <sup>2</sup>
	b <sub>0</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	X <sub>3</sub> <sup>2</sup>	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>	X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>		
IE-HA	1.088	-0.023*	-0.047*	-0.018*	-0.02*	-0.046*	-0.009*	-0.019+	0.014*	-0.009*	0.537	
IE-HF	1.058	-0.02*	-0.044*	0.005	0.004	-0.03*	0.004*	-0.008	0.004*	0.022	0.384	
D-HA	988.805	-47.65*	-32.52*	-12.06*	3.999	48.497*	8.27	57.404*	-16.93*	34.478*	0.457	
D-HF	1100.499	-53.71*	-42.53*	-17.54*	5.711*	17.027*	-34.43*	13.287*	-10.09*	2.722	0.439	
Du-HA	34.232	-20.65*	-4.932*	-7.829*	16.34*	3.006*	0.804	8.319*	3.542*	1.237	0.697	
Du-HF	34.636	-19.41*	-2.922*	-5.873*	15.54*	1.389	3.54*	6.134*	2.242*	1.224	0.706	
IAA-HA	2.688	-0.072*	0.19*	-0.006	-0.003	0.076	-0.08	0.051	0	0.054	0.549	
IAA-HF	2.273	-0.133*	0.065*	-0.013	0.012	0.006	0.007	0.028	-0.011	0.033	0.422	
ISA-HA	12.024	-0.375	-0.868	0.224*	-0.05	-0.882*	0.586*	0.17	0.076	0.099	0.547	
ISA-HF	11.54	0.489*	-0.234*	-0.214*	0.096	-0.11	0.339*	-0.247*	-0.191	0.194	0.452	

\*Indica diferencia significativa (P <0.05). HA = dieta de alfalfa, HF = dieta de frijoles, IE = índice de expansión, Du = dureza, D = densidad aparente, ISA = índice de solubilidad en agua y IAA = índice de absorción de agua

donde el proceso de extrusión cambia los perfiles de solubilidad (Serrano *et al.*, 1998). La Tabla 2 presenta el análisis de regresión IAA: términos lineales CA y T afectados (P <0.05) en IAA de ambas dietas. El aumento de CA disminuye el IAA debido a la menor

disponibilidad de agua para el gránulo de almidón. En cuanto a T, a valores altos, las cadenas de amilosa y amilopectina forman una matriz expandible que se traduce en una mayor capacidad de retención de agua. ISA está directamente relacionado con la degradación del almidón que ocurre dentro de la extrusora (Gujka y Khan, 1990). La Tabla 2 presenta el análisis de regresión ISA: término lineal CH, T y términos cuadráticos CH de HA; y los términos lineales T, CH y CA, el término cuadrático CH, el término de interacción T y CA de HF, tuvieron un efecto significativo (P <0.05) en ISA. El término lineal negativo T de HF y la interacción T y CA indican que con T alta, la desnaturalización de proteínas expone grupos hidrófobos ubicados en el interior, lo que contribuye a la disminución de la solubilidad (Ikpeeme *et al.*, 2010).

## Mejoramiento

Se obtuvieron condiciones óptimas de extrusión a tres concentraciones de aceite diferentes para cada dieta; HA (0% CA): 142 °C, 18% CH; IE: 1,04, D: 1042,7 kg/m<sup>3</sup>, Du: 50 N, IAA: 2,67 g/g y, ISA: 10,5%; HA (3,5% CA): 131 °C, 18% CH; IE: 1,04, D: 1021,7 kg/m<sup>3</sup>, Du: 50 N, IAA: 2,67 g/g y, ISA: 10,9%; HA (7% CA): 120 °C, 18% CH; IE: 1,04, D: 1004,6 kg/m<sup>3</sup>, Du: 25 N, IAA: 2,67 g/g y, ISA: 10,4%; HF (0% CA): 121 °C, 14% CH; IE: 1,09, D: 1125 kg/m<sup>3</sup>, Du: 50 N, IAA: 2,34 g/ y, ISA: 12,2%; HF (3,5% CA): 120 °C, 16% CH; IE: 1,07, D: 1121,3 kg/m<sup>3</sup>, Du: 50 N, IAA: 2,26 g/g y, ISA: 12%; y HF (7% CA): 142 °C, 15% CH; IE: 1,02, D: 1101 kg/m<sup>3</sup>, Du: 50 N, IAA: 2,27 g/g y ISA: 11,6%. HA con 7% de CA tuvo la Du más baja, mientras que esto no se observó con HF. Por otro lado, se requirió una T baja para HF con CA alta en comparación con HA con CA baja. HF necesitaba una T alta para obtener características de extrusión óptimas, específicamente extruidos con 7% de CA en comparación con dietas con 3 o 0% de CA. Los resultados de optimización tienen los valores requeridos para ser comercializados por sus características similares a los productos comerciales como se muestra en publicaciones anteriores (Reyes-Jáquez *et al.*, 2011). El análisis químico se realizó sobre el tratamiento óptimo de HF con 7%de CA: CH: 10,7 ± 0,22,



proteína: 17,6 ± 0,63, grasa: 10,7 ± 0,11, fibra: 2,5 ± 0,63 y cenizas: 8,7 ± 0,18 g/100 g.

### Digestibilidad *in vitro* y degradabilidad efectiva

La DIV de 60,7% o más es una digestibilidad bien aceptada (Coblentz y Hoffman, 2009), lo que sitúa a la HA y la HF por encima de dichos valores (Tabla 3). Excluyendo ambas dietas comerciales, todas las dietas tenían DIV que variaba del 85 al 89% sin diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre ellas. La HA que contiene 0 o 3.5% de CA tiene un DIV más bajo ( $P < 0.05$ ) que ambas dietas comerciales. HF con 3.5 y 7% de CA tuvo DIV comparable a ambas dietas comerciales, concluyendo que la incorporación de aceite de girasol en las dietas extruidas, aumenta ( $P < 0.05$ ) DIV de HF. La Tabla 3 muestra la degradabilidad potencial (DP) y la DE de todas las dietas. DP describe la suma de las fracciones soluble (A) e insoluble (B), siendo B, el pico de degradabilidad máximo alcanzado durante 120 h. La Tabla 3 mostró que todos los valores de DEs oscilaron entre 87.4 y 90.4% sin diferencia significativa ( $P > 0.05$ ), valores aceptables en comparación con otros reportes (Reyes-Jáquez *et al.*, 2011). Se puede concluir que la presencia de CA y factores antinutricionales no tuvo una diferencia significativa en la DIV ni en la DE ya que fueron inactivados por T alta y estrés de cizallamiento durante el procesamiento. Además, el CA se encuentra dentro de los rangos permitidos para el consumo de rumiantes (Byers y Schelling, 1993). La extrusión T, CH y CA afectaron negativamente ( $P < 0.05$ ) D y Du de ambas dietas. Sin embargo, el aumento de T y CA, y CH y CA, aumenta ( $P < 0.05$ ) Du. La DIV obtenida fue 89.1 y 86.4% para HF y HA con 7% de CA, respectivamente. Las condiciones óptimas de extrusión obtenidas para HF con 7% de CA fueron 142 °C y 15% de CH; mientras que para HA con 7% de CA fueron 120 °C y 18% de CH. La DE fue 87,5 y 87,4% para HF y HA con 7% de CA, respectivamente. Los resultados mostraron que la incorporación de aceite de girasol en las dietas aumenta ( $P < 0.05$ ) la DIV, abriendo así una alta oportunidad potencial de producir altas concentraciones de ALC a nivel ruminal.

**Tabla 3. Coeficientes de regresión no lineal de degradabilidad *in situ* (DIS) y degradabilidad efectiva (DE) de dietas extruidas de frijol y alfalfa en tres concentraciones de aceite diferentes: 0, 3,5 y 7%.**

Dieta	Aceite (%)	Coeficiente			DP (%)	DE (%)	R <sup>2</sup>	DIV (%)
		A	B	C				
Alfalfa	0	0.54	0.41	0.07	95.2	88.2 <sup>a</sup>	0.99	85.2
Alfalfa	3.5	0.5	0.45	0.07	95.2	87.5 <sup>a</sup>	0.98	84.7
Alfalfa	7	0.51	0.44	0.07	94.7	87.4 <sup>a</sup>	0.96	86.4
Frijol	0	0.6	0.36	0.07	96	89.7 <sup>a</sup>	0.98	86.3
Frijol	3.5	0.6	0.36	0.06	96.2	90.4 <sup>a</sup>	0.98	89.4
Frijol	7	0.49	0.47	0.08	95.9	87.5 <sup>a</sup>	0.97	89.1
Comercial 1	-	-	-	-	-	-	-	93.8
Comercial 2	-	-	-	-	-	-	-	91.5

Letras diferentes indican diferencia significativa ( $P < 0.05$ ); Tiempos de degradabilidad: 0 - 120 h. A = fracción soluble o rápidamente degradable, B = fracción insoluble pero potencialmente degradable, C = tasa de degradación, t = tiempo de residencia del alimento, considerado 5% por hora, DP = degradabilidad potencial (A + B), DE = tasa de degradabilidad efectiva a tiempo de residencia constante del alimento en el animal (kp) 0.05<sup>h</sup><sup>-1</sup>

### CONCLUSIÓN

La temperatura de extrusión y el contenido de humedad afectaron negativamente ( $P < 0.05$ ) D y Du del alimento para ganado extruido.

Asimismo, D y Du disminuyeron ( $P < 0.05$ ) en los extruidos, a medida que aumentaba el contenido de aceite. Sin embargo, el aumento de la temperatura de extrusión y el contenido de aceite permite aumentar ( $P < 0,05$ ) la dureza de los extruidos, así como aumentar el contenido de humedad y aceite. La digestibilidad *in vitro* obtenida fue de 89,1% y 86,4% para las dietas de frijoles y alfalfa, respectivamente. Las condiciones óptimas de extrusión obtenidas para un alimento para ganado bovino utilizando residuos de frijol pinto con 7% de aceite de girasol fueron 142 °C y 15% de contenido de humedad. Mientras que para los extruidos que contienen alfalfa con un 7% de aceite de girasol fueron 120 °C y un 18% de contenido de humedad. La degradabilidad efectiva *in situ* fue de 87,5% y 87,4% para las dietas de frijoles y alfalfa, respectivamente. Los resultados mostraron que la incorporación de aceite de girasol en dietas extruidas, aumenta ( $P < 0.05$ ) la digestibilidad *in vitro* de dietas extruidas de alfalfa y frijol pinto, abriendo una oportunidad de alto potencial para incrementar la producción de ALC orgánico a nivel ruminal.

**Publicado originalmente en Abanico veterinario versión On-line ISSN 2448-6132 versión impresa ISSN 2007-428X Abanico vet vol.10 Tepic ene./ dic. 2020 Epub 07-Mayo-2021**

Fuente.

<https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/efecto-temperatura-extrusion-humedad-t48287.htm>

**Clic Fuente**



**MÁS ARTÍCULOS**