

EFECTO DEL ENDOSPERMO DE SEMILLA DE TARA Y POLVO DE HOJAS DE *Agave americana* EN EL PESO CORPORAL Y VELOCIDAD DE TRÁNSITO INTESTINAL EN RATAS

Fulgencio Vilcanqui-Pérez^{1,2,a}, María E. Villanueva-Espinoza^{1,b}, Carlos Vilchez-Perales^{1,c}

RESUMEN

Objetivos. Evaluar el efecto del endospermo de semilla de tara (EST) y polvo de hojas del *Agave americana* (HAA) sobre el peso corporal y velocidad de tránsito intestinal en ratas Holtzman. **Materiales y métodos.** Veinticinco ratas machos Holtzman distribuidas en cinco grupos y alojadas en jaulas individuales, fueron alimentadas durante 21 días con uno de los siguientes tratamientos: T1, dieta con 6% de alfa celulosa (control); T2, dieta con 6% de EST; T3, dieta con 6% de HAA; T4, dieta con 10% de EST y T5, dieta con 10% de HAA. Se registraron el consumo de alimento, ganancia de peso corporal, digestibilidad aparente de la grasa, características de las heces (contenido de grasa, peso, humedad, volumen y pH) y tiempo de tránsito intestinal. Se realizaron análisis de varianza (ANOVA) de una vía y a través de la comparación múltiple de medias de Tukey. **Resultados.** Dietas con 6% y 10% del EST exhibieron una reducción en el consumo de alimento, digestibilidad aparente de la grasa y pH fecal, cuyos resultados tuvieron efectos en la reducción de la ganancia del peso corporal de 37,0% ($p=0,008$) y 50,9% ($p=0,001$) comparados con la dieta control. Dieta con 10% del polvo de HAA redujo el tiempo de tránsito intestinal de 642 min (control) a 532 min ($p=0,242$). **Conclusiones.** Dietas que contienen EST regulan la ganancia del peso corporal; en cambio, dieta con polvo de HAA, no tuvo efectos sobre la velocidad de tránsito intestinal en ratas.

Palabras clave: Fibra; Regulación; Ganancia de peso; Obesidad; Viscosidad (fuente: DECS BIREME).

EFFECTS OF THE ENDOSPERM OF TARA SEEDS AND POWDER OF AGAVE *Americana* leaves ON BODY WEIGHT AND INTESTINAL TRANSIT TIME IN HOLTZMAN RATS

ABSTRACT

Objective. To evaluate the effects of endosperm of tara seeds (ETS) and powder of *Agave americana* leaves (AAL) on body weight and intestinal transit time in Holtzman rats. **Materials and Methods.** Twenty-five male Holtzman rats, individually caged, and distributed into five groups were fed for 21 days with one of the following treatments: T1, diet with 6% alpha cellulose (Control); T2, diet with 6% ETS; T3, diet with 6% AAL; T4, diet with 10% ETS; and T5, Diet with 10% AAL. Feed intake, body weight gain, apparent digestibility of fat, characteristics of feces (fat content, weight, moisture, volume, and pH) and intestinal transit time were recorded. One-way analyses of variance (ANOVA) were performed, as well as Tukey's multiple means comparison. **Results.** Diets with 6% and 10% of ETS resulted in a reduction of feed intake, apparent digestibility of fat, and fecal pH, and said results had an effect in the reduction of body weight gain of 37.0% ($p=0.008$) and 50.9% (0.001), compared with the control diet. The diet with 10% of AAL powder reduced the intestinal transit time from 642 min (control) to 532 min ($p=0.242$). **Conclusions.** Diets containing EST regulated body weight gain, while the diet with AAL powder had no effects on the intestinal transit time in rats.

Keywords: Fiber; Regulation; Weight gain; Obesity; Viscosity (Source: MeSH NLM).

INTRODUCCIÓN

¹ Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú.

² Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. Apurímac, Perú.

^a Ingeniero Agroindustrial, Maestro en Ciencia de los Alimentos; ^b Química Farmacéutica, Doctora en Ciencias Biomédicas; ^c Ingeniero Zootecnista, Doctor en Filosofía.

El resumen del presente artículo fue aceptado para su presentación como poster en el International Congress of Nutrition, desarrollado en Buenos Aires – Argentina del 15 al 20 de octubre del 2017.

Recibido: 23/05/2017 Aprobado: 23/05/2017 En línea: 03/07/2018

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), en las últimas décadas hubo cambios sustanciales en los patrones de dieta, gracias a la fabricación de alimentos procesados con altos contenidos en azúcares y grasas saturadas y bajos en fibra dietaria; cuyo consumo ha repercutido en el incremento del sobrepeso y la obesidad en las poblaciones de los países desarrollados y en vías de desarrollo ⁽¹⁾.

La fibra dietaria es el conjunto de carbohidratos (incluyendo a lignina), que no es digerido en el intestino delgado y es fermentado en forma parcial o completa en el intestino grueso por la microbiota intestinal ⁽²⁾. La fibra dietaria ayuda a la prevención y tratamiento de algunas enfermedades como la diabetes tipo 2, obesidad y cáncer de colon al promover efectos atenuantes en los niveles de colesterol y glucosa de la sangre ^(3,4).

El consumo recomendado de fibra dietaria, según la OMS, es de 30 g/día por cada 2500 kcal/día de dieta; sin embargo, solo llega a 17 g/día ⁽⁵⁾, existiendo una brecha importante para alcanzar el nivel recomendado. En la actualidad existe un incremento del consumo de productos y subproductos con alto contenido en fibra dietaria como suplemento alimentario natural ⁽⁶⁾. Por consiguiente, existe la necesidad de identificar nuevas fuentes de fibra dietaria con efectos fisiológicos que puedan ayudar en la prevención de algunas enfermedades no transmisibles.

El consumo de la fibra dietaria soluble tiene efectos sobre la ingesta de alimento a través de la regulación del apetito y la saciedad, y la regulación peso corporal ⁽⁷⁾. Mientras el consumo de la fibra dietaria insoluble ejerce efectos a través del incremento de la materia y volumen fecal, con la subsecuente reducción del tiempo de tránsito intestinal ⁽⁸⁾.

El EST, fuente de la goma de tara (aditivo alimentario: E-417), es un polisacárido de alto peso molecular, compuesto por 78,0% de galactomananos y pertenece al tipo de fibra soluble. Estudios *in vitro* e *in vivo* sobre el producto, llegaron a la conclusión de que no es hidrolizada por las enzimas gastrointestinales y por consiguiente no es absorbible; además, sobre la base de la fermentación de galactomananos de otras fuentes, se ha considerado como fermentable, con la consiguiente producción de los ácidos grasos de cadena corta durante su paso por el intestino grueso ⁽⁹⁾.

Por otro lado, las plantas del *Agave* (principalmente las hojas), tienen alto contenido de fibra dietaria insoluble compuesto por celulosa, hemicelulosa y lignina ⁽¹⁰⁾ y los estudios *in vitro* demostraron de las excelentes propiedades de hidratación y adsorción de grasa. Sobre el EST y HAA, existen informaciones de las propiedades funcionales y tecnológicas; sin embargo, carecen de la información sobre efectos fisiológicos relacionados con la regulación del peso corporal y la salud intestinal a través de los ensayos con modelo animal. Por consiguiente, una posible inclusión del

MENSAJES CLAVE

Motivación para realizar el estudio. En el Perú, existen productos naturales sobre los cuales no se realizaron suficientes estudios en cuanto a las propiedades que puedan tener en la salud humana.

Principales hallazgos. Se ha identificado que el endospermo de semilla de tara tiene propiedades para la regulación del peso corporal y la fibra de las hojas de *Agave americana* tiene propiedades para regular la velocidad de tránsito intestinal.

Implicancias. Estos hallazgos pueden ser el punto de partida para el tratamiento y la prevención de algunas enfermedades como la obesidad y el estreñimiento.

EST y HAA (alto contenido en fibra dietaria) en la dieta, pueden convertirse en una alternativa para estos fines.

Los objetivos del presente estudio fueron evaluar los efectos fisiológicos, ganancia del peso corporal y la velocidad de tránsito intestinal de dietas con la inclusión del EST y polvo de las HAA como suplemento natural rica en fibra dietaria en ratas Holtzman.

MATERIALES Y MÉTODOS

INSUMOS Y FORMULACIÓN DE DIETAS

La alfa celulosa (CEL), almidón de maíz, caseína de leche, aceite de maíz, mezcla de minerales y mezcla de vitaminas (MP Biomedicals USA, AIN 93), fueron adquiridos de la empresa ABIOC SAC. El EST fue recibido como donación de la empresa Molinos Asociados SAC. El polvo de HAA (con identificación taxonómica: Constancia N° 62-UNMSM-2016, Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos), fue obtenido en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, siguiendo las operaciones de eliminación de espinas y cutícula, triturado de la pulpa y lavado con agua (agua:materia, 3:1) a temperatura de ebullición por 15 min, finalizando con el secado y pulverizado. La presentación de las fuentes de fibra dietaria (CEL, EST y HAA) fueron en polvo y con granulometría homogénea (<0,250 mm). La presentación de los alimentos para los animales de experimentación fue en forma de pellets, elaboradas con la formulación de la Tabla 1, tomando como referencias a Adam *et al.* (2014) ⁽¹¹⁾ e Hino *et al.* (2012) ⁽¹²⁾.

ANIMALES DE EXPERIMENTACIÓN

Veinticinco ratas machos Holtzman (212,66 ± 13,82 g) con 45 ± 2 días de nacidos; fueron organizadas aleatoriamente en cinco grupos con cinco unidades de observación. Cada animal de experimentación fue alojado en jaulas individuales del Bioterio de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria la Molina. Después de

Tabla 1. Formulación de dietas con diferentes fuentes de fibra dietaria en ratas Holtzman

Componentes (%)	Tratamientos				
	T1: 6,0% de alfa celulosa (control)	T2: 6,0% del EST	T3: 6,0% de polvo de las HAA	T4: 10,0% del EST	T5: 10,0% de polvo de las HAA
Almidón de maíz	65,0	65,0	65,0	61,0	61,0
Caseína de leche	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0
Aceite de maíz	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Mezcla de minerales	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Mezcla de vitaminas	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Alfa celulosa	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Endospermo de semilla de tara	0,0	6,0	0,0	10,0	0,0
Polvo de hojas de <i>Agave americana</i>	0,0	0,0	6,0	0,0	10,0

EST: Endospermo de semilla de tara; HAA: Hojas de *Agave americana*

cinco días de adaptación ^(12,13), se suministraron dietas experimentales y agua *ad libitum* hasta por 21 días.

Tanto la limpieza de las jaulas, el recambio del alimento y agua, fueron realizados en forma diaria a las 9:00 am. Durante el periodo del experimento, la sala del bioterio se mantuvo en condiciones controladas de temperatura ($24 \pm 1^\circ\text{C}$), ciclo de luz-oscuridad (12 h), humedad relativa ($85,0 \pm 10\%$) y ausencia de ruido. El estudio tuvo la autorización del Comité de Ética y Bienestar Animal de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, N° 2016-004-CEBA-UNMSM.

MEDICIÓN DE LAS VARIABLES FISIOLÓGICAS

La ingesta de alimento y la ganancia de peso corporal fueron registrados durante el periodo del experimento y los resultados fueron expresados como el promedio en g/día. El contenido de grasa fecal fue determinado por el método AOAC 920.39, mediante el uso del extractor ANKOM^{XT15}-USA y teniendo como solvente el éter de petróleo. La digestibilidad aparente de la grasa (%) fue calculada sobre la base de los registros del peso de la dieta ingerida y la excreción de las heces con sus contenidos grasos ⁽¹¹⁾.

La humedad de las heces fue determinada siguiendo el método AOAC 930.15 (2000), con este propósito se tomaron muestras de heces frescas y llevadas a una estufa de 105°C por toda la noche. El volumen de las heces se determinó por el principio del desplazamiento de semillas de mostaza ⁽¹⁴⁾ y los resultados fueron expresados en $\text{cm}^3/\text{día}$. El tiempo de tránsito intestinal se determinó mediante la inclusión del óxido férrico en la dieta al 0,5% y para la identificación del color se extendieron el papel absorbible sobre las bandejas de las jaulas ⁽¹⁵⁾. Para medir el pH, las heces frescas fueron inmediatamente diluidas con agua destilada en una proporción de 1:9 y medidas con el potenciómetro Thermo Scientific Orion 4 Star ⁽¹⁶⁾.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se verificaron los supuestos de independencia, normalidad y homogeneidad de varianzas y cuando fue necesario se

recorrió a la transformación de datos. Los resultados fueron expresados como el promedio \pm desviación estándar y analizada mediante el uso del programa IBM SPSS Statistics versión 20. Las diferencias entre los tratamientos fueron establecidas mediante el análisis de varianza (ANOVA) de una vía y a través de la comparación múltiple de medias de Tukey. Se consideraron estadísticamente significativos valores $p < 0,05$.

RESULTADOS

EFFECTOS FISIOLÓGICOS RELACIONADOS CON LA REGULACIÓN DEL PESO CORPORAL

La inclusión del 6% y 10% del EST en la dieta de ratas Holtzman, redujo la ingesta de alimento a 15,98 g/día ($p=0,013$) y 14,98 g/día ($p=0,002$) con respecto a la dieta control (CEL: 19,96 g/día); valores que representan un cambio en 19,9% y 24,9%, respectivamente; en cambio, la inclusión del 6% y 10% de polvo de HAA no tuvo efectos significativos ($p=0,710$ y $p=0,336$, respectivamente) con respecto a la dieta control. Para los mismos porcentajes de inclusión del EST (6% y 10%), hubo una reducción en la ganancia del peso corporal ($p=0,008$ y $p=0,001$, respectivamente), cuyas variaciones son de 37,0% y 50,9%, respectivamente, comparados con la dieta control (6,0% de CEL).

La inclusión en la dieta de 6% y 10% del EST, presentaron 12,6% y 18,6% de grasa fecal, respectivamente, cuyos valores comparados con la dieta control (2,6% de grasa fecal), generaron cambios que fueron significativos ($p=0,001$, para ambos casos). En la digestibilidad aparente de la grasa, el único tratamiento que pudo reducir significativamente en 28,3% fue la inclusión en la dieta del 10% del EST ($p=0,001$) con respecto al control (6% de CEL); no habiéndose observado efectos con 6% de EST ($p=0,115$). En otros resultados, dietas con 6,0% y 10,0% del HAA, no presentaron efectos significativos en el contenido de grasa fecal y la digestibilidad aparente ($p=0,997$ y $p=0,980$, respectivamente) con respecto a la dieta control.

La inclusión en la dieta del 6,0% y 10,0% del EST, presentaron valores de pH fecal de 7,21 y 7,04, respectivamente, mostrándose como valores inferiores al pH fecal de la dieta control (7,95), siendo en ambos casos significativos ($p=0,001$). Estos cambios, representan de 9,3% y 11,4%, para el pH fecal de dietas con 6,0% y 10,0% del EST, respectivamente; sin embargo, la inclusión en sus diferentes niveles (T3 y T5) del HAA en la dieta, no presentaron efectos significativos en el pH fecal (Tabla 2).

EFFECTOS FISIOLÓGICOS RELACIONADOS CON LA VELOCIDAD DE TRÁNSITO INTESTINAL

Ratas Holtzman alimentadas con dietas que contienen 6% y 10% del HAA y 10% de EST, incrementaron la humedad de las heces fecales de 11,37% (6% CEL, dieta control) a 26,4%, 33,0% y 25,8% respectivamente, valores que son estadísticamente significativos ($p=0,006$, $p=0,001$ y $p=0,008$).

Por otro lado, el único grupo de animales alimentados con dietas que contienen 10% de HAA, incrementaron significativamente el peso fecal desde 1,62 g/día hasta 1,97 g/día ($p=0,018$). En cambio, dietas con 6% y 10% del EST, presentaron efectos contrarios, es decir una disminución significativa en el peso de las heces a 0,96 g/día y 1,24 g/día, respectivamente ($p=0,001$ y $p=0,008$); todos estos con respecto al control (6% CEL).

Para el volumen de las heces, dietas con 10% de HAA, generaron un incremento de 3,38 cm³/día (6% CEL) a 4,59 cm³/día ($p=0,001$); por el contrario, para los tratamientos con 6% y 10% de EST, disminuyeron significativamente a 1,48 cm³/día ($p=0,001$) y 2,42 cm³/día ($p=0,001$), respectivamente.

Finalmente, el grupo de animales alimentados con 10% de HAA tuvo la mayor reducción en el tiempo de tránsito intestinal de 642 min (control) a 532 min (17,3% de variación); sin embargo, este cambio no fue significativo ($p=0,242$). Las dietas con 6% del EST, ha incrementado el tiempo de tránsito hasta 778 min (21,1% de variación); sin

embargo, este cambio no fue significativo ($p=0,100$) con respecto al control (Tabla 3)

Al efectuar una comparación entre los tratamientos con 10% de HAA y 6,0% del EST, presentaron diferencias significativas ($p=0,001$) en el tiempo de tránsito intestinal.

DISCUSIÓN

Sobre la regulación del peso corporal, la ingesta de alimento es considerada como un proceso voluntario cuyo objetivo principal es la obtención de energía. La fibra dietaria ejerce diferentes efectos fisiológicos durante su paso por el sistema gastrointestinal y con beneficios para la salud, siendo una de ellas la saciedad⁽¹⁷⁾. La saciedad es la satisfacción del apetito que se desarrolla durante la comida y termina con la interrupción de la alimentación y está influenciada por una serie de factores fisiológicos regulados por un sistema neuroendocrino redundante que se integra a nivel del hipotálamo⁽¹⁸⁾.

Una disminución significativa en la ganancia del peso corporal de las ratas, debido a la inclusión del 6,0% y 10,0% de EST como fuente de fibra dietaria, puede ser explicado a través de diferentes mecanismos. El primer mecanismo se atribuye a la regulación del apetito y la saciedad, como consecuencia de la formación de soluciones viscosas del contenido gástrico, que permite la prolongación de la digestión y la absorción de nutrientes⁽¹⁷⁾. Esto significa que los macronutrientes tendrían un mayor tiempo para interactuar con los mecanismos pre-absorbentes de la saciedad; así como prolongar las señales de posabsorción. Por consiguiente, el contenido del endospermo de semilla de tara en la dieta de los animales experimentales, pudo haber utilizado este mecanismo para la reducción de la ingesta de alimento.

Otro mecanismo de regulación de la ingesta de alimento a través del efecto sobre el apetito y la saciedad se fundamenta en la fermentación de la fibra soluble por las bacterias del colon, cuyos productos son los ácidos grasos de cadena corta (acetato, propionato y butirato)⁽¹⁹⁾. Los ácidos grasos

Tabla 2. Efectos fisiológicos relacionados con la regulación del peso corporal en ratas Holtzman

Características fisiológicas	Fuentes de fibra				
	T1: 6% de alfa celulosa (control)	T2: 6% del EST	T3: 6% de polvo de las HAA	T4: 10% del EST	T5: 10% de polvo de las HAA
Ingesta de alimento (g/día)	19,96 ± 1,53	15,98 ± 2,53 ^a	18,56 ± 2,10	14,98 ± 1,11 ^b	17,84 ± 0,92
Ganancia de peso corporal (g/día)	5,13 ± 0,53	3,23 ± 1,01 ^c	4,63 ± 0,99	2,52 ± 0,63 ^d	4,03 ± 0,65
Grasa en las heces (% b.s.)	2,6 ± 0,4	12,6 ± 3,6 ^d	3,9 ± 1,6	18,6 ± 4,0 ^d	2,6 ± 0,4
Digestibilidad aparente de la grasa (%)	92,6 ± 1,2	82,9 ± 5,8	91,4 ± 3,6	66,4 ± 11,4 ^d	94,7 ± 0,9
pH de las heces	7,95 ± 0,25	7,21 ± 0,06 ^d	7,86 ± 0,25	7,04 ± 0,27 ^d	7,51 ± 0,07

Los valores son el promedio ± desviación estándar de las características fisiológicas.

EST: Endospermo de semilla de tara; HAA: Hojas de *Agave americana*.

^a $p=0,013$, ^b $p=0,002$, ^c $p=0,008$, ^d $p=0,001$ (comparaciones realizadas contra T1: grupo control)

Tabla 3. Efectos fisiológicos relacionados con la velocidad de tránsito intestinal en ratas Holtzman

Características fisiológicas	Fuentes de fibra				
	T1: 6% de alfa celulosa (control)	T2: 6% del EST	T3: 6% de polvo de las HAA	T4: 10% del EST	T5: 10% de polvo de las HAA
Humedad de las heces (% b.h.)	11,4 ± 3,5	21,5 ± 7,7	26,4 ± 8,8 ^a	25,8 ± 1,7 ^b	33,0 ± 5,1 ^c
Peso de las heces (g/día)	1,62 ± 0,13	0,96 ± 0,19 ^c	1,46 ± 0,11	1,24 ± 0,19 ^b	1,97 ± 0,17 ^d
Volumen de las heces (cm ³ /día)	3,38 ± 0,19	1,48 ± 0,37 ^c	3,01 ± 0,41	2,42 ± 0,60 ^c	4,59 ± 0,37 ^c
Tiempo de tránsito intestinal (min)	642 ± 103,60	778 ± 70,85 ^e	660 ± 125,10	612 ± 32,71	531,8 ± 25,34 ^f

Los valores son el promedio ± desviación estándar de las características fisiológicas.

EST: Endospermo de semilla de tara; HAA: Hojas de *Agave americana*.

^a p=0,006, ^b p=0,008, ^c p=0,001, ^d p=0,018, ^e p=0,100, ^f p=0,242 (comparaciones realizadas contra T1: grupo control)

de cadena corta actúan como mediadores en las células enteroendocrinas secretoras de las hormonas péptido tipo 1 similar al glucagon (en inglés: GLP-1), péptido tirosina-tirosina (en inglés: PYY), grelina y leptina. Las hormonas GLP-1 y PYY ejercen efectos anorexigénicos y envían señales al sistema nervioso central para el incremento de la saciedad y la disminución del apetito; en cambio, la grelina estimula el apetito⁽²⁹⁾. El incremento de estas hormonas en la sangre, fue demostrado gracias a los estudios realizados con β-glucanos, fructo-oligosacáridos y pectina (fibra soluble) en ratas; evidenciando una disminución en la ingesta de alimento y reducción de la ganancia del peso corporal; efectos que son atribuidos a la fermentación de la fibra soluble⁽¹¹⁾. Por lo tanto, es posible que el EST pudo haber utilizado este mecanismo para la reducción de la ingesta de alimento; idea que es fortalecida por la European Food Safety Authority⁽⁹⁾, al señalar que los galactomananos de la goma de tara pueden fermentar y producir ácidos grasos de cadena corta durante su paso por el intestino grueso.

Los resultados del pH fecal, fortalecen los argumentos por los que el EST puede reducir la ingesta de alimento. La inclusión del 6,0% y 10,0% del endospermo de semilla de tara en la dieta de ratas Holtzman, presentan un pH de 7,21 y 7,04, respectivamente, valores significativamente inferiores al pH fecal (7,95) del grupo de animales alimentados con 6,0% de alfa celulosa. Al respecto, Otlés y Ozgoz (2014)⁽²¹⁾ señalan que es posible reducir el pH fecal debido a la presencia de los ácidos grasos de cadena corta en el colon. La fibra soluble y fermentable (inulina, los almidones resistentes, las gomas, los β-glucanos y algunas hemicelulosas), actúa como sustrato para la microbiota intestinal y promueve la proliferación de las *bifidobacterias*, con la consiguiente reducción del pH en la luz del colon⁽⁵⁾.

Por otro lado, se ha demostrado que la inclusión de 6,0% y 10,0% de EST en la dieta de ratas Holtzman, incrementan el contenido de grasa fecal y por consiguiente la reducción de la digestibilidad aparente. Al respecto, la literatura señala que la fibra soluble favorece la formación de soluciones viscosas en el intestino delgado, propiedad que reduce

la capacidad emulsificante de los ácidos biliares sobre las grasas y por consiguiente disminuye a la actividad enzimática de la lipasa pancreática y finaliza con la excreción de la grasa a través de las heces^(8,22).

Por consiguiente, la disminución de la ingesta de alimento, la retención de la grasa por las excretas y su eliminación, la reducción de la digestibilidad aparente de la grasa; son efectos que contribuyen directamente sobre la reducción de la ganancia de peso corporal en los animales de experimentación. Estos resultados pertenecen al grupo de animales alimentados con dietas que contienen 6% y 10% del EST.

El incremento significativo de la humedad, la masa y el volumen fecal y la disminución del tiempo de tránsito intestinal como consecuencia de la inclusión del polvo de las hojas de *Agave americana*, y efectos contrarios por el endospermo de semilla de tara; son atribuidos principalmente a la composición química de cada fuente de fibra. Las hojas de *Agave* están compuestas en su mayoría por la celulosa, seguidos por la hemicelulosa y lignina, las que pertenecen al tipo de fibra insoluble con escasa fermentación en el colon⁽¹⁰⁾. En cambio, el endospermo de semilla de tara tiene una composición predominante de los galactomananos (>78%), considerada como un polímero soluble en agua⁽⁹⁾. Otros autores, coinciden en afirmar la fibra dietaria insoluble (celulosa, hemicelulosa y lignina); tienen la capacidad para retener agua en su matriz estructural y formar mezclas de baja viscosidad en el contenido gastrointestinal; lo que se traduce en el aumento de la masa y volumen fecal^(22,23). Estas propiedades favorecen los movimientos regulares y al peristaltismo y la aceleración del tiempo de tránsito intestinal, lo que ayuda a la prevención y el tratamiento del estreñimiento⁽²⁴⁾.

Estudios con salvado de trigo (45,6% de fibra insoluble y 2,4% de fibra soluble), demostraron la capacidad para incrementar la masa y volumen fecal; por consiguiente, en la reducción del tiempo de tránsito intestinal, comparados con las fuentes de fibra soluble (pectina, goma guar, salvado de avena y celulosa)⁽²⁵⁾. Esta conclusión es concordante

con los resultados del presente trabajo, puesto que el EST no tuvo efectos para reducir el tiempo de tránsito intestinal, por el contrario, hubo un incremento en este indicador. Sin embargo, existe información en algunas revisiones que en general la fibra soluble puede contribuir al volumen fecal en una menor proporción gracias al 80,0% de humedad de los microorganismos y a la formación de los gases que quedan atrapados por la materia fecal del colon ⁽²⁶⁾.

Otro beneficio atribuido a la fibra dietaria, es el efecto protector del cáncer del colon. Al respecto existen propuestas de dos mecanismos de protección: los efectos directos relacionados con la reducción de tiempo de tránsito por parte de la fibra insoluble, tal como de las hojas de Agave y los efectos indirectos como consecuencia de la degradación de la fibra soluble por los microorganismos y la formación de los ácidos grasos de cadena corta, tal como el endospermo de semilla de tara ⁽²¹⁾.

La aceleración del tiempo de tránsito intestinal por la fibra insoluble, reduce el tiempo de formación y absorción de los metabolitos tóxicos y la acción de agentes carcinógenos ⁽²⁷⁾. Al respecto hubo estudios de intervención en humanos que demostraron que la celulosa juega un rol importante en la prevención del cáncer del colon, gracias a la reducción de mutágenos y la excreción de estos; lo que disminuyó la concentración de los ácidos biliares secundarios en las heces ⁽²⁴⁾. Por otro lado, estudios con lignina (componente importante en las hojas de agave) mediante su inclusión en la dieta de ratas, arribaron a la conclusión de la existencia del efecto protector contra algunos tipos de cáncer, particularmente en el colon debido a la capacidad de la lignina para unirse hidrofólicamente a las sales biliares y reducir la formación de carcinógenos ⁽²⁸⁾. En este sentido, la fibra de las hojas del Agave, con 64,8% de celulosa y 15,9% de lignina, puede convertirse en una alternativa en la prevención de estas enfermedades.

El otro mecanismo de protección del cáncer está relacionado con fermentación de la fibra soluble por la microbiota intestinal, mediante la modificación del tipo y número de bacterias (incremento del número de *Bifidobacterias* en el colon). Esto origina el cambio de las actividades metabólicas en términos de formación de genotoxinas, carcinógenos y promotores tumorales. Por lo tanto, las fuentes selectas de prebióticos, tales como la inulina,

almidones resistentes, algunos oligosacáridos y dentro de este grupo se incluye a las gomas como del endospermo de semilla de tara; actúan como sustrato para la producción de ácidos grasos de cadena corta, con la consiguiente reducción del pH intestinal ⁽²¹⁾. Específicamente el butirato, además de ser fuente de energía para los colonocitos, tiene efecto protector contra el cáncer colorectal y la inflamación mediante la inhibición parcial de las histonas deacetilasas y el incremento de la apoptosis en las células tumorales del colon ⁽²⁹⁾.

Los resultados obtenidos a través del uso ratas Holtzman como modelo animal, son importantes, porque demuestran la participación diferenciada del EST y el polvo de las HAA. El primero sobre el peso corporal de las ratas y el segundo sobre el tránsito intestinal. Sin embargo, esta información presenta desventajas y limitaciones debido a las diferencias importantes en el sistema gastrointestinal, la estructura anatómica, el metabolismo y los requerimientos nutricionales entre el roedor y el humano. Por lo que una posible extrapolación de los resultados en humanos debe ser el punto de partida para futuras investigaciones con otras especies como los cerdos o primates que tienen una mayor similitud en la fisiología metabólica ⁽³⁰⁾.

En conclusión, dietas con 6% y 10% del EST suministradas en ratas Holtzman, reducen significativamente la ganancia del peso corporal en 37,0% y 50,9%. Dietas con 10,0% del polvo de HAA disminuyó el tiempo de tránsito intestinal de 642 min (6% de CEL) a 532 min (17,3% de variación); sin embargo, los cambios no fueron estadísticamente significativos.

Contribución de autoría: FVP participó en el diseño de la investigación, desarrollo del experimento, recolección y procesamiento de datos y redacción del artículo; MEVE participó en el diseño de la investigación con énfasis en los ensayos biológicos y revisión de la redacción del artículo; CVP participó en el diseño de la investigación con énfasis en el manejo de animales de experimentación, monitoreo del experimento, revisión de los resultados y en la redacción del artículo.

Fuente de financiamiento: El presente trabajo de investigación fue financiado por el FONDECYT, gracias al CONVENIO DE SUBVENCIÓN N° 275-2015-FONDECYT.

Conflicto de interés: Los autores declaran que no tienen conflicto de interés relacionados con la publicación de este artículo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Moubarac JC, Martins APB, Claro RM, Levy RB, Cannon G, Monteiro CA. Consumption of ultra-processed foods and likely impact on human health. Evidence from Canada. *Public Health Nutr*. 2013; 16(12): 2240-2248.
- Jones JM. Dietary fiber future directions: integrating new definitions and findings to inform nutrition research and communication. *Adv Nutr*. 2013; 4(1):8-15.
- Park Y, Subar AF, Hollenbeck A, Schatzkin A. Dietary fiber intake and mortality in the NIH-AARP diet and health study. *Arch Intern Med*. 2011; 171(12):1061-1068.
- Vilcanqui F, Vilchez C. Dietary fiber: New definitions, functional properties and health benefits. *Arch Latinoam Nutr*. 2017; 67(2):146-156.
- Dahl WJ, Stewart ML. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: health implications of dietary fiber. *J Acad Nutr Diet*. 2015; 115(11):1861-1870.

6. Elleuch M, Bedigian D, Roiseux O, Besbes S, Blecker C, Attia H. Dietary fibre and fibre rich by-product of food processing: Characterization, technological functionality and commercial applications. *Food Chem.* 2011; 124(2):411-421.
7. Rao TP. Role of guar fiber in appetite control. *Physiol Behav.* 2016; 164(1):277-283.
8. Mudgil D, Barak S. Composition, properties and health benefits of indigestible carbohydrate polymers as dietary fiber. A review. *Int J Biol Macromolec.* 2013; 61(1):1-6.
9. EFSA ANS: Panel on food additives and nutrient sources added to food. Scientific Opinion on the re-evaluation of tara gum (E 417) as a food additive. *EFSA J.* 2017; 15(6):4863, 37 pp.
10. Zamora VM, Bello IA, Ortíz RI, Tovar J, Sáyago SG. Granola bars prepared with Agave tequilana ingredients: Chemical composition and in vitro starch hydrolysis. *LWT-Food Sci Tech.* 2014; 56(2):309-314.
11. Adam CL, Williams PA, Dalby MJ, Garden K, Thomson LM, Richardson AJ, et al. Different types of soluble fermentable dietary fibre decrease food intake, body weight gain and adiposity in young adult male rats. *Nutr Metabolism.* 2014; 11(1):1-12.
12. Hino S, Takemura N, Sonoyama K, Morita A, Kawagishi H, Aoe S, et al. Small intestinal goblet cell proliferation induced by ingestion of soluble and insoluble dietary fiber is characterized by an increase in sialylated mucins in rats. *J Nutr.* 2012; 142(8):1429-1436.
13. Lim SM, Goh YM, Mohtarrudin N, Loh SP. Germinated brown rice ameliorates obesity in high-fat diet induced obese rats. *BMC Complem Altern M.* 2016; 16(1):1-11.
14. Datta AK, Sahin S, Sumnu G, Keskin SO. Porous media characterization of breads baked using novel heating modes. *J Food Eng.* 2007; 79:106-116.
15. Kim JY, Son BK, Lee SS. Effects of adlay, buckwheat, and barley on transit time and the antioxidative system in obesity induced rats. *Nutr Res Pract.* 2012; 6(3):208-212.
16. Chung YC, Hsu CK, Ko CY, Chan YC. Dietary intake of xylooligosaccharides improves the intestinal microbiota, fecal moisture, and pH value in the elderly. *Nutr Res.* 2007; 27(12):756-761.
17. Slavin J, Green H. Dietary fibre and satiety. *Nutr Bull.* 2007; 32(suppl 1):32-42.
18. Kong X, Ferracane R, De Luca L, Vitaglione P. Salivary concentration of N-acyl ethanolamines upon food mastication and after meal consumption: Influence of food dietary fiber. *Food Res Int.* 2016; 89:186-193.
19. Ma M, MU T. Effects of extraction methods and particle size distribution on the structural, physicochemical, and functional properties of dietary fiber from deoiled cumin. *Food Chem.* 2016; 194(1):237-246.
20. Devaraj S, Hemarajata P, Versalovic J. La microbiota intestinal humana y el metabolismo corporal: implicaciones con la obesidad y la diabetes. *Acta Bioquim Clín Latinoam.* 2013; 47(2):421-434.
21. Otles S, Ozgoz S. Health effects of dietary fiber. *Acta Sci Pol Technol Aliment.* 2014; 13(2):191-202.
22. Escudero E, González P. Dietary fibre. *Nutr Hosp.* 2006; 21(2):61-72.
23. Slavin J. Fiber and prebiotics: Mechanisms and health benefits. *Nutrients.* 2013; 5:1417-1435.
24. Fuller S, Beck E, Salman H, Tapsell L. New Horizons for the study of dietary fiber and health: A review. *Plant Foods Hum Nutr.* 2016; 71(1):1-12.
25. Stevenson L, Phillips F, O'sullivan K, Walton J. Wheat bran: its composition and benefits to health, a European perspective. *Int J Food Sci Nutr.* 2012; 63(8):1001-1013.
26. Tunngland BC, Meyer D. Nondigestible oligo- and polysaccharides (dietary fiber): their physiology and role in human health and food. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2002; 1(3):90-109.
27. Dhingra D, Michael M, Rajput H, Patil RT. Dietary fibre in foods: a review. *J Food Sci Technol.* 2013; 49(3):255-266.
28. Fardet A. New hypotheses for the health-protective mechanisms of whole-grain cereals: what is beyond fibre?. *Nutr Res Rev.* 2010; 23(1):65-134.
29. Koh A, De Vadder F, Kovatcheva P, Bäckhed F. From dietary fiber to host physiology: short-chain fatty acids as key bacterial metabolites. *Cell.* 2016; 165(6):1332-1345.
30. Havel PJ, Kievit P, Comuzzie AG, Bremer AA. Use and importance of nonhuman primates in metabolic disease research: Current state of the field. *ILAR J.* 2017; 58(2):251-268.

Correspondencia: Fulgencio Vilcanqui Pérez
 Dirección: Departamento Académico de Nutrición, Universidad Nacional Agraria la Molina; Av. La Molina S/N, Lima, Perú.
 Teléfono 614-7800, Anexo 417.
 Correo electrónico: 20150782@lamolina.edu.pe