



Trabajo Original

Otros

Efecto de la leche fermentada de cabra sobre la composición corporal, el metabolismo basal y el control de la ingesta en ratas

Effect of fermented goat milk on body composition, basal metabolism, and food intake control in rats

María José Muñoz Alférez, María Robles Rebollo, Jorge Moreno Fernández, Javier Díaz Castro e Inmaculada López Aliaga

Departamento de Fisiología e Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos "José Mataix". Universidad de Granada. Granada

Resumen

Introducción: es conocido que la dieta juega un papel clave en la composición corporal y afecta al balance energético; sin embargo, la información es limitada acerca de la influencia de alimentos y nutrientes específicos como es el caso de los productos lácteos, un grupo básico de alimentos y una importante fuente de nutrientes en la dieta.

Objetivos: evaluar la influencia del consumo de leche fermentada de cabra o vaca sobre la composición corporal y la regulación del apetito en animales adultos.

Material y métodos: se han utilizado 20 ratas Wistar macho adultas, alimentadas durante 30 días con dietas basadas en leche fermentada de vaca o de cabra. Se analizaron la evolución de la composición corporal y las concentraciones plasmáticas de adipoquinas (leptina y adiponectina), hormonas reguladoras del metabolismo intermediario (grelina, insulina, hormona estimulante de la glándula tiroidea, triyodotironina y tiroxina) y ácidos grasos no esterificados (AGNE).

Resultados: el peso y el porcentaje de grasa corporal fueron menores ($p < 0,001$) y la masa magra fue mayor ($p < 0,01$) en los animales alimentados con la dieta basada en leche fermentada de cabra. No se registraron diferencias entre dietas para las concentraciones plasmáticas de hormonas tiroideas y de insulina. Las concentraciones plasmáticas de grelina y adiponectina disminuyeron ($p < 0,001$), y las de leptina y AGNE aumentaron ($p < 0,001$) con la dieta basada en leche fermentada de cabra.

Conclusión: el consumo habitual de leche fermentada de cabra disminuye la adiposidad y el peso corporal en las ratas adultas al incrementar el gasto energético, la lipólisis y la sensación de saciedad.

Palabras clave:

Leche fermentada de vaca o cabra. Composición corporal. Regulación del apetito.

Abstract

Introduction and objective: it is known that diet plays a key role in body composition and affects energy balance. However, scarce information is available in the scientific literature about the influence of food and specific nutrients such as dairy products, a basic food group and an important source of nutrients in the diet. The objective of this work was to evaluate the influence of fermented dairy products (goat or cow milk) on body composition and appetite regulation in adult animals.

Material and methods: twenty adult male *Wistar* albino rats were fed fermented goat or cow milk-based diets for 30 days. The evolution of body composition and plasma concentrations of adipokines (leptin and adiponectin), intermediary metabolism regulating hormones (ghrelin, insulin, thyroid stimulating hormone, triiodothyronine, thyroxine), and non-esterified fatty acid (NEFA) were analyzed.

Results: body weight and body fat percentage were lower ($p < 0.001$) in rats fed fermented goat milk *versus* those fed fermented cow milk, whereas lean mass percentage was higher ($p < 0.01$). Plasma thyroid hormone and insulin concentrations did not show significant differences between diets. The fermented goat milk-based diet decreased ghrelin and adiponectin levels ($p < 0.001$), and increased leptin and NEFA concentrations ($p < 0.001$).

Conclusion: fermented goat milk consumption decreases adiposity and body weight in adult rats by increasing energy expenditure, lipolysis, and satiety sensation.

Keywords:

Fermented milk (cow or goat). Body composition. Appetite regulation.

Recibido: 04/04/2019 • Aceptado: 14/06/2019

Financiación: Este trabajo ha sido financiado por la Junta de Andalucía en el marco del Proyecto de Excelencia P11-AGR-7648.

Agradecimientos: M. Robles Rebollo y J. Moreno-Fernández desean mostrar su agradecimiento al Programa de Doctorado en "Nutrición y Ciencias de los Alimentos" de la Universidad de Granada.

Conflicto de intereses: no existen conflictos de interés.

Muñoz Alférez MJ, Robles Rebollo M, Moreno Fernández J, Díaz Castro J, López Aliaga I. Efecto de la leche fermentada de cabra sobre la composición corporal, el metabolismo basal y el control de la ingesta en ratas. *Nutr Hosp* 2020;37(1):123-128

DOI: <http://dx.doi.org/10.20960/nh.02608>

Correspondencia:

M.ª Inmaculada López Aliaga. Departamento de Fisiología e Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos "José Mataix". Centro de Investigación Biomédica. Parque Tecnológico de Ciencias de la Salud. Avda. del Conocimiento, s/n. 18100 Armilla, Granada
e-mail: milopez@ugr.es

INTRODUCCIÓN

El metabolismo basal está regulado por el hipotálamo a través de un complejo circuito neuronal que controla la cantidad de energía que se ingiere y utiliza en un momento dado. Los componentes importantes de este sistema incluyen la sensación de hambre y de saciedad, la actividad del sistema nervioso autónomo y el sistema endocrino (1). La dieta juega un papel clave en la composición corporal pero, además de afectar al balance energético, todavía existe información limitada sobre la influencia de determinados alimentos y nutrientes específicos en este sentido.

La regulación de la ingesta de alimentos constituye un proceso esencial ya que posibilita el equilibrio necesario entre la cantidad de energía almacenada en forma de grasa corporal y el catabolismo de la misma. Este equilibrio es el resultado de la coordinación entre diferentes sistemas que van desde estructuras nerviosas centrales hasta los adipocitos (2). Los primeros estudios sobre la ingesta de alimentos mencionaban que el concepto de regulación de la ingesta se debía a una bajada de la glucosa y de los lípidos en la sangre como el principal elemento propiciador de la sensación de hambre. Actualmente se sabe que en la regulación de la ingesta participan numerosos péptidos, con acciones sinérgicas o antagónicas, que son sintetizados en diferentes tejidos (3).

El hipotálamo juega un papel importante en el control del apetito. En él se analizan las señales del intestino y del tronco cerebral y se procesan las señales para el control de la ingesta de alimentos. El hipotálamo también regula los ritmos circadianos: el núcleo supraquiasmático responde a la luz y sincroniza los ritmos conductuales y fisiológicos a través de oscilaciones circadianas de los circuitos cerebrales externos al núcleo supraquiasmático y en los tejidos periféricos, generando un ritmo de 24 horas en el comportamiento de la alimentación y el metabolismo (4).

La leptina es una hormona de 146 aminoácidos sintetizada por los adipocitos. Presenta efectos inhibitorios sobre la ingesta de alimentos ya que estimula el centro de la saciedad al unirse a sus receptores específicos hipotalámicos, disminuyendo la síntesis y liberación de diferentes neuropéptidos. Además, la secreción de leptina varía de acuerdo con el ritmo circadiano, incrementándose a lo largo del día y bajando durante el sueño nocturno. Por otra parte, es una hormona que favorece el gasto energético (5).

La grelina es un péptido compuesto por 28 aminoácidos secretada fundamentalmente por la mucosa del fondo gástrico. Es la única hormona orexígena periférica que activa los receptores localizados en los centros del apetito en el hipotálamo. La grelina es conocida como la "hormona del hambre" y es un péptido estimulador del apetito. En los seres humanos se produce un aumento preprandial y una ca da posprandial de los niveles plasmáticos de grelina, lo que sugiere que el péptido desempeña un papel fisiológico en el inicio de la comida (6).

Los productos lácteos constituyen un importante grupo de alimentos y son una buena fuente de nutrientes en la dieta (7). En la actualidad, el consumo de productos lácteos ha disminuido por su posible implicación en el riesgo de padecer obesidad y trastornos metabólicos. Sin embargo, varios estudios observacionales y transversales han revelado una asociación inversa entre

el consumo de productos lácteos y la composición corporal (8,9), aunque muchos aspectos de la fisiología de la regulación del apetito durante el consumo de productos lácteos aún no se conocen bien. Por tanto, con el presente estudio se pretende conocer cómo afecta el consumo de productos lácteos fermentados a la composición corporal y a la regulación del apetito en animales adultos sanos alimentados durante 30 días con dietas basadas en leche fermentada de vaca o de cabra.

MATERIAL Y MÉTODOS

DISEÑO EXPERIMENTAL Y DIETAS

Se han utilizado 20 ratas macho adultas (*Ratus norvegicus*, raza Wistar albina) procedentes del Servicio de Animales de Laboratorio de la Universidad de Granada. Los protocolos de manejo, cuidado y sacrificio de los animales empleados fueron aprobados por el Comité de  tica de la Universidad de Granada de acuerdo con las directrices comunitarias de la Unión Europea.

Las ratas fueron divididas en dos grupos experimentales (de 10 ratas cada uno), alimentados durante 30 días con dietas basadas en leche fermentada de vaca (raza Holstein) o leche fermentada de cabra (raza murciano-granadina). La composición de las dietas se encuentra en la tabla I. Se control  la ingesta de la dieta (*pair feed*) y los animales ingirieron agua bidestilada *ad libitum*.

Al final del periodo experimental los animales se anestesiaron por vía intraperitoneal con pentobarbital sódico (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, EE. UU.) y se les extrajo sangre mediante canulación de la aorta abdominal. Se centrifugaron alícuotas de sangre

Tabla I. Composición de las dietas experimentales (g/kg de dieta)

Dieta basada en leche fermentada de vaca*	
Proteína de leche de vaca	204
Lactosa de leche de vaca	295
Grasa de leche de vaca	100
Almidón de trigo	201
Ingredientes constantes [†]	200
Dieta basada en leche fermentada de cabra*	
Proteína de leche de cabra	205
Lactosa de leche de cabra	290
Grasa de leche de cabra	100
Almidón de trigo	205
Ingredientes constantes [†]	200

*Las dietas se prepararon de acuerdo con las recomendaciones del Instituto Americano de Nutrición al igual que los correctores minerales específicos, teniendo en cuenta el contenido mineral que aportaban las leches fermentadas (10). [†]Los ingredientes constantes (g/kg de dieta) fueron: fibra (celulosa micronizada), 50 g; sacarosa, 100 g; cloruro de colina, 2,5 g; L-cistina, 3 g; corrector mineral, 35 g; y corrector vitamínico, 10 g.

con EDTA como anticoagulante para la obtención de plasma y posterior determinación de adipocinas (leptina y adiponectina), hormonas reguladoras del metabolismo intermediario (grelina e insulina, hormona estimulante de la glándula tiroidea, triyodotironina, tiroxina) y ácidos grasos no esterificados (AGNE).

FERMENTACIÓN Y DESHIDRATACIÓN DE LAS LECHE

Las leches fermentadas se prepararon según el método descrito previamente por Moreno-Fernández y cols. (11). Ambos tipos de leche se inocularon con iniciadores de yogur tradicional –*Lactobacillus bulgaricus*, subsp. *Delbruickii*, y *Streptococcus thermophilus* (concentración inicial de 1×10^{11} UFC/ml de inóculo)— y se incubaron a 37 °C aproximadamente. Previamente al proceso de deshidratación, la muestra de yogur se acondicionó y trató adecuadamente, y se homogeneizó calentándola a 20 °C y agitándola vigorosamente con vórtex. Una vez preparado, el producto se deshidrató a una temperatura suave (50 °C) para evitar cambios nutricionales negativos hasta que la humedad final se encontró entre el 2.5% y el 4.5%.

EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL

La composición del organismo completo (% de grasa y % de masa magra) se determinó usando la resonancia magnética cuantitativa (QMR) con un sistema Echo MRI Analyzer de Echo Medical Systems (Houston, Texas, EE. UU.). Todas las mediciones de la QMR se realizaron durante la fase de luz (09:00 a.m. a 06:00 p.m.). Los animales se colocaron en un cilindro de plástico de paredes delgadas (3 mm de grosor, 6,5 cm de diámetro interior) para limitar el movimiento. Posteriormente, los animales se sometieron brevemente a un campo electromagnético de baja intensidad (0,05 teslas) para medir la grasa, la masa magra, el agua libre y el agua corporal total. Este sistema genera una señal que modifica los patrones de giro de los átomos de hidrógeno dentro del sujeto experimental y utiliza un algoritmo para evaluar los cuatro componentes medidos. Las exploraciones con QMR se realizaron con tiempos de acumulación de 2 minutos.

DETERMINACIÓN DE HORMONAS TIROIDEAS, GRELINA, LEPTINA, ADIPONECTINA E INSULINA

La hormona estimulante del tiroides (TSH), la triyodotironina (T3) y la tiroxina (T4) se determinaron mediante el uso del panel de esferas magnéticas RYYMAG-30K Milliplex MAP Rat. La grelina (activa), la leptina y la insulina se determinaron usando el panel de esferas magnéticas de hormonas metabólicas de rata Milliplex MAP de RMHMAG-84K. Los niveles de adiponectina se midieron usando el ensayo de metabolismo del panel de adipocitos de

rata Milliplex MAP RADPCMAG-82K (Millipore Corporation, Missouri, EE. UU.), basado en inmunoensayos en la superficie de microesferas magenéticas fluorescentes, siguiendo las especificaciones del fabricante (50 eventos por medida; 50 µl de muestra; configuración de ensayo: 8000-15.000; tiempo de espera, 60 segundos). La placa se leyó en el analizador LABScan 100 (Luminex Corporation, Texas, EE. UU.) con el software xPONENT para adquisición de datos. Los valores promedio de cada conjunto de muestras o estándares duplicados se encontraban dentro del 15% de la media. Las concentraciones de hormonas tiroideas, grelina, leptina, insulina y adiponectina en las muestras de plasma se determinaron comparando la media de las muestras duplicadas con la curva estándar de cada ensayo.

DETERMINACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS NO ESTERIFICADOS

Los ácidos grasos no esterificados (AGNE) son moléculas liberadas por los triglicéridos por la acción de la enzima lipasa; se transportan en sangre unidos a la albúmina. Aportan solo una pequeña proporción de la grasa corporal; sin embargo, proporcionan una gran parte de la energía metabólica. Los AGNE se midieron en plasma usando un kit comercial (Randox Laboratories Ltd., Crumlin, Reino Unido).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos se muestran como medias \pm error estándar de la media (SEM). El análisis estadístico se realizó con el programa informático SPSS (versión 22.0, 2013, SPSS Inc., Chicago, Illinois, EE. UU.). Las diferencias entre el grupo alimentado con dieta basada en leche fermentada de vaca y el alimentado con dieta basada en leche fermentada de cabra se evaluaron con la prueba de la t de Student. El nivel de significación se estableció en $p < 0,05$.

RESULTADOS

La composición corporal de los animales al inicio del estudio se detalla en la tabla II. El peso corporal y los porcentajes de grasa,

Tabla II. Composición corporal de las ratas al inicio del estudio

	(n = 20)
Peso corporal (g)	243,71 \pm 4,62
Grasa (%)	7,45 \pm 0,35
Masa magra (%)	90,56 \pm 0,45
Agua libre (%)	0,41 \pm 0,04
Agua total (%)	76,75 \pm 0,56

masa magra, agua libre y agua total se encontraban dentro del rango de normalidad para la edad de los animales estudiados.

Después del suministro durante 30 días de las dietas basadas en leche fermentada de vaca o cabra, los parámetros de composición corporal mostraron diferencias significativas (Tabla III). El peso y el porcentaje de grasa corporal fueron mayores en los animales alimentados con la dieta basada en leche fermentada de vaca ($p < 0,001$). Por el contrario, los porcentajes de masa magra, agua libre y agua total fueron mayores en los animales alimentados con la dieta basada en leche fermentada de cabra ($p < 0,01$ para la masa magra y $p < 0,001$ para el agua libre y total).

En la tabla IV se presentan los parámetros plasmáticos relacionados con la regulación endocrina del metabolismo basal y la ingesta de alimento. No se registraron diferencias significativas en las concentraciones plasmáticas de hormonas tiroideas e insulina. Sin embargo, las concentraciones plasmáticas de grelina y adiponectina disminuyeron ($p < 0,001$), y los niveles de leptina y AGNE aumentaron ($p < 0,001$) en los animales alimentados con la dieta basada en leche fermentada de cabra en comparación con los alimentados con la dieta elaborada con leche fermentada de vaca.

DISCUSIÓN

El tejido adiposo marrón es el principal tejido implicado en la termogénesis adaptativa de los pequeños mamíferos y los lactantes a través de la producción de calor mediante el desacoplamiento fisiológico de las mitocondrias. El desacoplamiento mitocondrial en el tejido adiposo permite la aceleración de la oxidación del sustrato sin que aumente en paralelo el ATP, de manera que la energía se pierde en forma de calor, proceso que es estimulado por las hormonas tiroideas (1, 12). Por otro lado, el metabolismo también está regulado por el hipotálamo a través de un complejo circuito neuronal que controla la cantidad de energía que se ingiere y utiliza en cada momento. Los principales componentes que intervienen en esta regulación son la sensación de hambre y de saciedad, y la actividad del sistema nervioso autónomo y el sistema endocrino.

Tabla III. Composición corporal de las ratas alimentadas durante 30 días con dietas basadas en leche fermentada de vaca o cabra

	Leche fermentada de vaca	Leche fermentada de cabra
	(n = 10)	(n = 10)
Peso corporal (g)	361,10 ± 9,48 ^a	286,51 ± 6,23 ^b
Grasa (%)	8,61 ± 0,70 ^a	7,75 ± 0,84 ^b
Masa magra (%)	86,96 ± 0,73 ^a	92,21 ± 1,90 ^b
Agua libre (%)	0,25 ± 0,03 ^a	0,41 ± 0,07 ^b
Agua total (%)	73,62 ± 0,58 ^a	78,12 ± 1,48 ^b

^{a,b}Los valores de una misma fila con distinto superíndice son estadísticamente significativos ($p < 0,05$, test de la t de Student).

Tabla IV. Concentración plasmática de hormonas que afectan al metabolismo basal y la ingesta de alimentos y ácidos grasos no esterificados en ratas alimentadas durante 30 días con dietas basadas en leche fermentada de vaca o cabra

	Leche fermentada de vaca	Leche fermentada de cabra
	(n = 10)	(n = 10)
TSH (pg/ml)	32,55 ± 2,32	31,98 ± 1,86
T ₃ (pg/ml)	13.231 ± 415,25	13.825 ± 289,22
T ₄ (pg/ml)	1376 ± 88,55	1298 ± 101,32
Grelina (pg/ml)	22,36 ± 1,55 ^a	14,54 ± 0,38 ^b
Insulina (pg/ml)	735,12 ± 35,26	739,53 ± 53,02
Adiponectina (ng/ml)	1427 ± 127,67 ^a	1054 ± 115,21 ^b
Leptina (pg/ml)	1557 ± 75,88 ^a	2355 ± 123,97 ^b
AGNE (mmol/l)	0,48 ± 0,07 ^a	0,62 ± 0,08 ^b

TSH: hormona estimulante del tiroides; T₃: triyodotironina; T₄: tiroxina; AGNE:  cidos grasos no esterificados. ^{a,b}Los valores de una misma fila con distinto superíndice son estadísticamente significativos ($p < 0,05$, test de la t de Student).

La realización de la mayoría de los procesos celulares inherentes a la vida depende de la disponibilidad de sustratos que garanticen un suministro energético adecuado. En reposo, la termogénesis adaptativa est  controlada en gran medida por el sistema nervioso simpático, como ocurre durante la exposición al frío o la ingesta calórica excesiva. En ambas condiciones, el hipotálamo activa al sistema nervioso simpático para aumentar la producción de calor (1, 13).

Los resultados del presente estudio concuerdan con otros que han demostrado los efectos beneficiosos del consumo de productos lácteos en la composición corporal (14,15). Sin embargo, estudios realizados con productos lácteos de leche de vaca (16) mostraron que la ingesta total de lácteos, yogur y proteína láctea estaba inversamente asociada a la grasa corporal; además, la ingesta de yogur y proteína láctea estaba inversamente asociada a la grasa abdominal. Estos autores también mostraron asociaciones negativas entre la ingesta de calcio y las medidas de adiposidad, lo que respalda aun más las investigaciones previas que muestran los beneficios de la suplementación con calcio sobre el peso corporal (17). Estudios anteriores han demostrado que el calcio puede aumentar la excreción fecal de ácidos grasos, incluidos las grasas saturadas y los ácidos biliares, minimizando los efectos sobre el colesterol sérico y aumentando la pérdida de energía, lo que puede afectar a las medidas de adiposidad a través de la lipogénesis y la lipólisis (18). En este sentido, la leche de cabra aumenta la biodisponibilidad del calcio (19) debido al mayor contenido de vitamina D, que favorece el transporte transcelular saturable de calcio dependiente de energía, por lo que podría contribuir a justificar el efecto de la leche fermentada de cabra en la disminución de la adiposidad.

Los productos lácteos contienen una amplia gama de nutrientes que incluyen proteínas (suero y caseína), aminoácidos de cadena ramificada, y péptidos. En este sentido, la leche de cabra y sus derivados lácteos contienen una cantidad algo menor de caseínas y una mayor proporción de proteínas séricas, lo que explica la mejor utilización digestiva de la proteína de la leche de cabra con respecto a la de vaca (20,21). Murphy y cols., en 2013 (16), también mostraron una relación inversa entre las proteínas lácteas y todas las medidas de adiposidad. Estos resultados refuerzan las investigaciones previas que indican que la proteína láctea podría ser el componente responsable de los efectos beneficiosos sobre la composición corporal (22).

Estos efectos potenciales de la leche fermentada de cabra podrían estar relacionados con la influencia en el metabolismo lipídico de los adipocitos y, específicamente, con un aumento de la termogénesis inducida por la dieta, lo que conduciría a un mayor gasto de energía y a un menor almacenamiento de grasa. Otro posible mecanismo asociado al consumo de leche fermentada de cabra y la mejora de la composición corporal podría estar relacionado con la evidencia actual que respalda el consumo de proteína láctea y el papel de los lácteos en la saciedad, favoreciendo la pérdida de peso y la prevención del aumento de peso (23). En este sentido, la leche fermentada de cabra induce la elevación de los niveles plasmáticos de leptina y la reducción de los de grelina, disminuyendo el apetito, aumentando la sensación de saciedad y, por consiguiente, reduciendo el peso corporal.

En el presente estudio, las concentraciones plasmáticas de adiponectina disminuyeron en los animales alimentados con leche fermentada de cabra. Los AGNE mostraron una correlación inversa con las concentraciones plasmáticas de adiponectina, resultados que están de acuerdo con Kabara y cols. (24), quienes concluyeron que los niveles plasmáticos de adiponectina se correlacionan inversamente con las concentraciones plasmáticas de AGNE, un marcador importante de la movilización de lípidos. En este sentido, las menores concentraciones de adiponectina observadas en las ratas alimentadas con leche fermentada de cabra pueden conducir a un aumento de las tasas de lipólisis en el tejido adiposo. Utilizando ratones *knockout* del gen de adiponectina, Qiao y cols. (25) demostraron que esta adipoquina reduce la actividad de la lipasa sensible a hormonas al disminuir la estabilidad de la proteína-quinasa A. Por lo tanto, las reducciones fisiológicas de los niveles de adiponectina tras el consumo de leche fermentada de cabra pueden mejorar la lipólisis en el tejido adiposo. En el presente estudio, la estimulación de la lipólisis en el tejido adiposo se evaluó mediante el aumento de las concentraciones de AGNE y reducciones significativas en la masa de tejido adiposo visceral. El tejido adiposo visceral, debido a su ubicación anatómica y su drenaje portal, proporciona un acceso directo al hígado a los AGNE y las adipoquinas derivadas del tejido adiposo, en contraste con el tejido adiposo subcutáneo (26). Además, el tejido adiposo visceral tiene una mayor concentración de receptores beta-adrenérgicos y una mayor actividad de las enzimas lipolíticas, incluida la lipasa sensible a hormonas (27). Durante los periodos de intensa movilización de lípidos, la grasa adiposa visceral podría ser más sensible a los estímulos lipolíticos y la mayor liberación de AGNE

podría reducir aun más la expresión de adiponectina (24). Por lo tanto, la conexión de la lipólisis adiposa visceral con los niveles de adiponectina podría ser un factor importante que influiría en la composición corporal.

CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio revelan que la dieta basada en leche fermentada de cabra influye en el metabolismo lipídico, disminuyendo la adiposidad e incrementando el gasto energético. Además, el consumo habitual de leche fermentada de cabra induce una elevación de la concentración plasmática de leptina y una reducción de la de grelina, disminuyendo el apetito y aumentando la sensación de saciedad y, por consiguiente, reduciendo el peso corporal. Finalmente, el consumo de la dieta basada en leche fermentada de cabra reduce la concentración plasmática de adiponectina, lo que conduce a un aumento de la lipólisis en el tejido adiposo y a un incremento de la concentración de ácidos grasos libres no esterificados, reduciendo la masa de tejido adiposo visceral.

BIBLIOGRAFÍA

1. McAninch EA, Bianco AC. Thyroid hormone signaling in energy homeostasis and energy metabolism. *Ann NY Acad Sci* 2014;1311:77-87. DOI: 10.1111/nyas.12374
2. Abdalla M. Central and peripheral control of food intake. *Endocr Regul* 2017;51(1):52-70. DOI: 10.1515/enr-2017-0006
3. González-Jiménez E, Schmidt Río-Valle J. Regulación de la ingesta alimentaria y del balance energético: factores y mecanismos implicados. *Nutr Hosp* 2012;27(6):1850-9.
4. Allison KC, Goel N. Timing of eating in adults across the weight spectrum: metabolic factors and potential circadian mechanisms. *Physiol & Behav* 2018;18:318-27.
5. Hussain Z, Khan JA. Food intake regulation by leptin: mechanisms mediating gluconeogenesis and energy expenditure. *Asian Pac J Trop Med* 2017;10(10):940-4. DOI: 10.1016/j.apjtm.2017.09.003
6. Mihalache L, Gherasim A, Nita O, Ungureanu MC, Padureanu SS, Gavril RS, et al. Effects of ghrelin in energy balance and body weight homeostasis. *Hormones* 2016;15(2):186-96. DOI: 10.14310/horm.2002.1672
7. Drewnowski A. The contribution of milk and milk products to micronutrient density and affordability of the U.S. diet. *J Am Coll Nutr* 2011;30(5 Suppl 1) 422S-8S. DOI: 10.1080/07315724.2011.10719986
8. Mozaffarian D, Hao T, Rimm EB, Willett WC, Hu FB. Changes in diet and lifestyle and long-term weight gain in women and men. *N Engl J Med* 2011;364(25):2392-404. DOI: 10.1056/NEJMoa1014296
9. Chen M, Pan A, Malik VS, Hu FB. Effects of dairy intake on body weight and fat: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Clin Nutr* 2012;96(4):735-47. DOI: 10.3945/ajcn.112.037119
10. Reeves PG, Nielsen FH, Fahey GC Jr. AIN-93 purified diets for laboratory rodents: final report of the American Institute of Nutrition ad hoc writing committee on the reformulation of the AIN-76A rodent diet. *J Nutr* 1993;123(11):1939-51. DOI: 10.1093/jn/123.11.1939
11. Moreno-Fernández J, Díaz-Castro J, Alférez MJ, Hijano S, Nestares T, López-Aliaga I. Production and chemical composition of two dehydrated fermented dairy products based on cow or goat milk. *J Dairy Res* 2016;83(1):81-8. DOI: 10.1017/S0022029915000722
12. Cannon B, Nedergaard J. Brown adipose tissue: function and physiological significance. *Physiol Rev*. 2004;84:277-359. DOI: 10.1152/physrev.00015.2003
13. Morrison SF, Madden CJ. Central nervous system regulation of brown adipose tissue. *Compr Physiol* 2014;4(4):1677-713.
14. Pfeuffer M, Schrezenmeier J. Milk and the metabolic syndrome. *Obes Rev* 2007;8(2):109-18. DOI: 10.1111/j.1467-789X.2006.00265.x

15. Kratz M, Baars T, Guyenet S. The relationship between high-fat dairy consumption and obesity, cardiovascular, and metabolic disease. *Eur J Nutr* 2013;52(1):1-24. DOI: 10.1007/s00394-012-0418-1
16. Murphy KJ, Crichton GE, Dyer KA, Coates AM, Pettman TL, Milte C, et al. Dairy foods and dairy protein consumption is inversely related to markers of adiposity in obese men and women. *Nutrients* 2013;5(11):4665-84. DOI: 10.3390/nu5114665
17. Onakpoya IJ, Perry R, Zhang J, Ernst E. Efficacy of calcium supplementation for management of overweight and obesity: systematic review of randomized clinical trials. *Nutr Rev* 2011;69(6):335-43. DOI: 10.1111/j.1753-4887.2011.00397.x
18. Lorenzen JK, Astrup A. Dairy calcium intake modifies responsiveness of fat metabolism and blood lipids to a high-fat diet. *Br J Nutr* 2011;105:1823-31. DOI: 10.1017/S0007114510005581
19. Díaz-Castro J, Ramírez López-Frías M, Campos MS, López-Frías M, Alférez MJ, Nestares T, et al. Goat milk during iron repletion improves bone turnover impaired by severe iron deficiency. *J Dairy Sci* 2011;94(6):2752-61. DOI: 10.3168/jds.2010-4043
20. López-Aliaga I, Alférez MJ, Barrionuevo M, Nestares T, Sanz Sampelayo MR, Campos MS. Study of nutritive utilization of protein and magnesium in rats with resection of the distal small intestine. Beneficial effect of goat milk. *J Dairy Sci* 2003;86(9):2958-66.
21. Díaz-Castro J, Pulido M, Alférez MJ, Ochoa JJ, Rivas E, Hijano S, et al. Goat milk consumption modulates liver divalent metal transporter 1 (DMT1) expression and serum hepcidin during Fe repletion in Fe-deficiency anemia. *J Dairy Sci* 2014;97(1):147-54. DOI: 10.3168/jds.2013-7250
22. Pilvi TK, Korpela R, Huttunen M, Vapaatalo H, Mervaala EM. High-calcium diet with whey protein attenuates body-weight gain in high-fat-fed C57Bl/6J mice. *Br J Nutr* 2007;98(5):900-7. DOI: 10.1017/S0007114507764760
23. Bendtsen LQ, Lorenzen JK, Bendtsen NT, Rasmussen C, Astrup A. Effect of dairy proteins on appetite, energy expenditure, body weight, and composition: a review of the evidence from controlled clinical trials. *Adv Nutr* 2013;4(4):418-38. DOI: 10.3945/an.113.003723
24. Kabara E, Sordillo LM, Holcombe S, Contreras GA. Adiponectin links adipose tissue function and monocyte inflammatory responses during bovine metabolic stress. *Comp Immunol Microbiol Infect Dis* 2014;37(1):49-58. DOI: 10.1016/j.cimid.2013.10.007
25. Qiao L, Kinney B, Schaack J, Shao J. Adiponectin inhibits lipolysis in mouse adipocytes. *Diabetes* 2011;60(5):1519-27. DOI: 10.2337/db10-1017
26. Ibrahim MM. Subcutaneous and visceral adipose tissue: structural and functional differences. *Obes Rev* 2010;11(1):11-8. DOI: 10.1111/j.1467-789X.2009.00623.x
27. Locher LF, Meyer N, Weber EM, Rehage J, Meyer U, Danicke S, et al. Hormone-sensitive lipase protein expression and extent of phosphorylation in subcutaneous and retroperitoneal adipose tissues in the periparturient dairy cow. *J Dairy Sci* 2011;94(9):4514-23. DOI: 10.3168/jds.2011-4145