Artículo Original / Original Article

El agregado de aceite de Sacha inchi disminuye la relación granulocitos/linfocitos postprandial producida por una comida rica en grasas, en adultos saludables

The addition of Sacha inchi oil decreases the postprandial granulocyte/lymphocyte ratio produced by a high-fat meal in healthy adults

Alicia N. Alayón^{1*}. <https://orcid.org/0000-0002-4813-9971>

José G. Ortega². <https://orcid.org/0000-0003-2112-3870>

Isabella Echeverri³. <https://orcid.org/0000-0001-7916-3897>

1. Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de San Buenaventura, Cartagena, Colombia.

2. Facultad de Ciencias de la Salud, Pontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia.

3. Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Icesi, Cali, Colombia.

*Dirigir correspondencia: Alicia N. Alayón.

Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de San Buenaventura, 32 Dg # 30-966,

Código postal: 130010. Cartagena, Colombia.

E-mail: aalayon@usbctg.edu.co, alinorala@gmail.com

Este trabajo fue recibido el 15 de agosto de 2020.

Aceptado con modificaciones: 16 de diciembre de 2020.

Aceptado para ser publicado: 03 de enero de 2021.

RESUMEN

La etapa postprandial se ha relacionado con cambios en marcadores inflamatorios, bioquímicos y celulares. El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos postprandiales del agregado de aceite de Sacha inchi sobre la concentración y tamaño de leucocitos, eritrocitos y plaquetas, y en marcadores de inflamación, después de la ingesta de una comida rica en grasas. Una muestra de 42 individuos aparentemente sanos de sexo masculino consumió dos desayunos, uno de ellos adicionado con 15 mL de aceite rico en ácidos grasos poliinsaturados extraído de semillas de Sacha Inchi. Se tomaron muestras de sangre en ayunas y a las 4 horas postprandiales para determinar variables hematológicas (número y tamaño de leucocitos y plaquetas y distribución porcentual de leucocitos) y bioquímicas como interleukina 6 (IL6) y proteína C reactiva de alta sensibilidad (PCR-as). Con ambos desayunos aumentaron la concentración de PCR y los recuentos de leucocitos y plaquetas. El agregado de aceite de Sacha inchi aumentó el porcentaje de linfocitos ($p=0,005$) y disminuyó el de granulocitos ($p=0,012$), revirtiendo el aumento de la relación evidenciada luego de la ingesta grasa y las concentraciones de IL6. Los resultados permiten concluir que el agregado de 15 mL de aceite de Sacha inchi a un desayuno rico en grasas afecta la relación entre las diferentes poblaciones leucocitarias, lo que podría atenuar los efectos inflamatorios postprandiales y el riesgo cardiovascular. Registro: NCT02886169.

Palabras clave: Ácidos grasos, Dietas grasas; Inflamación, Leucocitos, Periodo posprandial.

ABSTRACT

The postprandial stage is related to an increase in biochemical and cellular inflammatory markers. The objective of this study was to evaluate the postprandial effects of the addition of Sacha inchi oil on the concentration and size of leukocytes, erythrocytes and platelets, and on inflammation markers, after the ingestion of a high-fat meal. A sample of 42 seemingly healthy male individuals consumed two high-fat breakfast meals, one with the addition of 15 mL of oil rich in polyunsaturated fatty acids (omega 3 and 6 series), extracted from Sacha Inchi seeds. Fasting blood samples were taken at 4 hours postprandial to determine hematological variables (number and size of leukocytes and platelets and percentage distribution of leukocytes) and biochemical variables such as interleukin 6 (IL6) and high-sensitivity C-Reactive protein (hs-CRP). The concentration of CRP and leukocyte and platelet counts increased following ingestion of both types of breakfast. The addition of Sacha inchi oil increased the percentage of lymphocytes ($p=0.005$) and decreased that of granulocytes ($p=0.012$), reversing the increase in the granulocytes / lymphocytes ratio evidenced after fat intake. The percentage of intermediate-sized cells and postprandial concentrations of IL6 also decreased. In conclusion, the addition of 15.0 mL of Sacha inchi oil to a high-fat breakfast modulates the relationship between different leukocyte populations, which could mitigate postprandial inflammatory effects and cardiovascular risk. Registration: NCT02886169.

Keywords: Fatty acids; Inflammation; Leukocytes; Postprandial period; Unsaturated.

INTRODUCCIÓN

El tiempo que sigue a la ingesta de alimentos, conocido como etapa postprandial, cursa con incremento de las concentraciones en suero de glucosa y lípidos, pero también se acompaña de un proceso inflamatorio caracterizado por la presencia de citoquinas y el aumento en el número de células sanguíneas circulantes¹.

El aumento de ciertos tipos de leucocitos circulantes podría contribuir al proceso de aterosclerosis por la producción de citoquinas pro-inflamatorias o, de manera directa, por el aumento en la expresión de factores de activación y adherencia al endotelio vascular, cambios que pueden favorecer su migración hacia la íntima contribuyendo a la formación de la placa aterosclerótica^{2,3}.

En este sentido, se sabe que los neutrófilos son los leucocitos implicados en aumentar la inflamación, en tanto que algunos subtipos de linfocitos se relacionan con la regulación de este proceso, por lo que la relación entre ambos tipos celulares se ha propuesto como un índice de riesgo cardiovascular en la práctica clínica⁴.

Algunos estudios han reportado que la duración e intensidad de los cambios en las concentraciones de metabolitos y células durante el periodo postprandial difieren dependiendo del tipo de la composición del alimento consumido^{5,6,7}.

Se ha demostrado que el contenido y el tipo de ácidos grasos de una comida se relacionan con su impacto en la etapa postprandial, tanto en los niveles circulantes de biomarcadores de inflamación, como en modificaciones en la composición de la membrana celular y en la actividad funcional de las células⁸.

Alimentos como el aceite extraído de semillas de Sacha inchi de distinta procedencia han mostrado consistentemente tener elevados niveles de ácidos grasos poliinsaturados, especialmente de las series omega 3 y 6 (42-48% de ácidos alfa-linolenico y 32-37% de ácido linoleico), y cerca de 12% de monoinsaturados, así como cantidades considerables de fitosteroles, tocoferoles y compuestos fenólicos^{9,10}. Su ingesta ha mostrado ser útil para el mejoramiento de los perfiles lipídicos en personas con hipercolesterolemia¹¹ y su uso como

complemento alimenticio se ha relacionado con cambios en variables inflamatorias¹².

Aunque investigaciones en animales¹³ y en humanos¹⁴, han mostrado cambios postprandiales en variables hematológicas tras la ingesta de alimentos, no hay estudios que permitan evidenciar si el impacto postprandial de una comida rica en grasas sobre células circulantes puede ser modificado por el agregado de un complemento de aceite de Sacha inchi, ni la relación que pudiera existir entre dichas variables y biomarcadores circulantes de inflamación.

Por lo anterior, este trabajo tuvo como objetivo evaluar los efectos del agregado de aceite de Sacha inchi sobre los cambios en leucocitos, eritrocitos y plaquetas, producidos por la ingesta de una comida rica en grasas y su relación con los niveles en suero de IL6 y PCR postprandiales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio con diseño cruzado aleatorizado, con un tamaño de muestra de 42 individuos de sexo masculino, mayores de 25 años, clínicamente sanos y con baja actividad física, los cuales se seleccionaron de manera que la muestra incluyera el mismo número de participantes con obesidad abdominal y sin esta característica. Fueron criterios de exclusión ser fumador o consumidor de riesgo de alcohol, estar sometido a alguna dieta o ingiriendo hipolipemiantes, vitaminas, complementos alimenticios o medicamentos que pudieran alterar el metabolismo de lípidos, glúcidos o inflamación.

Los participantes recibieron dos desayunos diferentes en composición, pero similares en sabor y aspecto. Uno de los desayunos, denominado IAG (Ingesta Alta en Grasas), consistió en 100 g de pan untado con 70 g de manteca y acompañado con un café azucarado (874 cal, 59% de las cuales provenían de grasas (grasas saturadas 32%, monoinsaturadas 23%, poliinsaturadas 4%), 37% provenían de carbohidratos y 4% de proteínas). El otro, denominado IAG+S incluía además 15 mL de aceite de Sacha inchi. (998 cal, 65% provenientes de grasas (saturadas 30%, monoinsaturadas 20%, poliinsaturadas 15%).

La asignación de los dos desayunos fue realizada

aleatoriamente, con el objetivo de controlar variables de confusión derivadas del orden del consumo, separadas por un lapso de 15 días entre intervenciones. A los sujetos participantes se les recomendó no modificar su estilo de vida durante este periodo (Figura 1).

En los días destinados a las intervenciones, los participantes fueron citados a las 7:00 am con un ayuno de 12 horas, para tomar muestras de sangre en ayunas y 4 horas luego de cada ingesta. Se les permitió beber agua pero no ingerir otros alimentos ni hacer ejercicio físico.

Para las determinaciones hematológicas se utilizó un analizador de 16 parámetros, con el cual se midieron recuento total de leucocitos (LEU) y plaquetas (PLT), y recuentos celulares de granulocitos (GRA), linfocitos (LIN) y células de tamaño intermedio (MID). Como indicadores de forma y tamaño de eritrocitos se consideraron las variables volumen

corpuscular medio (VCM) y amplitud de distribución de volumen eritrocitario (ADVE). Para evaluar cambios en la población de plaquetas se midieron el volumen plaquetario medio (VPM) y la amplitud de distribución del volumen plaquetario (ADVP).

Las concentraciones de IL6 se midieron por medio de la técnica de ELISA (Human IL6 High Sensitivity-eBioscience; CV= 5%) y los niveles de proteína C reactiva mediante un kit comercial turbidimétrico de alta sensibilidad (CRP-ULTRA Spinreact; CV= 7%).

Todos los participantes recibieron información acerca del proyecto y firmaron una cláusula de consentimiento. El protocolo del estudio estuvo realizado acorde con los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki y fue aprobado por el comité de bioética de la Universidad Icesi Se registró en clinicaltrials.gov, NCT02886169.

Figura 1: Diagrama de flujo de la intervención.

Análisis estadístico

Se aplicó el test de Shapiro Wilk para verificar normalidad de variables cuantitativas y test de Levene para examinar igualdad de varianzas. Las medidas de tendencia central se expresaron como promedio y desviaciones estándar (DE) o como medianas y rangos intercuartílicos (RIC), dependiendo del comportamiento de las variables. Para las comparaciones entre grupos se utilizaron el test t de Student o la U de Mann Whitney y para las comparaciones pre-post, el test t de Student para muestras relacionadas o prueba de los rangos con signo de Wilcoxon, para las variables paramétricas o no paramétricas, respectivamente. Las correlaciones se establecieron calculando los coeficientes Rho de Pearson o Spearman (rs). Se usó el paquete estadístico SPSS (Version 21.0, SPSS Inc., Chicago, IL).

RESULTADOS

Los 42 sujetos de sexo masculino incluidos cumplieron todas las etapas del estudio. La edad promedio de los participantes fue 40,0±8,9 años, el perímetro de cintura fue de 94,1±12,0 cm y el índice de masa corporal fue de 26,6±4,8 kg/m².

Después del consumo de ambos desayunos, se observó un incremento significativo en los recuentos de leucocitos totales y de sus tres fracciones (linfocitos, granulocitos y células de tamaño intermedio). La tendencia hacia la disminución en las concentraciones postprandiales de IL6 alcanzó significancia estadística en el grupo que consumió el aceite. Se observó incremento en la concentración de PCR-as, con ambos desayunos (Tabla 1).

Tal como se observa en la figura 2, no se observaron

diferencias cuando se compararon los valores porcentuales de cada estirpe leucocitaria antes del consumo de los desayunos. A las 4 horas post ingesta, el porcentaje de LIN fue mayor ($p=0,005$) y el porcentaje de GRA fue menor ($p=0,012$) luego del consumo de IAG+S comparado con IAG. El porcentaje de MID disminuyó luego de la ingesta de IAG+S ($p=0,018$).

El porcentaje de PLT aumentó de manera similar con ambos desayunos. ((%PLTIAG: ayunas 0,27 % (RIC: 0,23 a 0,30), 4 horas 0,28% (RIC: 0,24 a 0,33), $p<0,001$; % PLTIAG+S: ayunas 0,27% (RIC: 0,24 a 0,30), 4 horas 0,28% (RIC: 0,25 a 0,33); $p<0,001$).

Tras la ingesta de IAG la relación granulocitos/linfocitos aumentó significativamente. Este aumento se revirtió con el agregado del aceite de Sacha inchi, como se muestra en la figura 3.

A las 4 horas postprandiales, la relación granulocitos/linfocitos correlacionó negativamente con la concentración de IL6, con ambos desayunos. (IL6 IAG: $r=-0,37$, $p=0,015$; IL6IAG+S: $-0,35$, $p=0,024$). Según análisis de resultados previamente publicados¹², se pudo establecer que esta correlación solo se evidencio en aquellos participantes que presentaban mejor estado metabólico (IL6 IAG: $r=-0,67$, $p=0,001$; IL6IAG+S: $-0,61$, $p=0,004$). No se halló correlación con PCR-as.

En lo que respecta a los indicadores de tamaño de plaquetas y eritrocitos, con ambos desayunos se observó un aumento similar del volumen plaquetario medio y de la amplitud en la distribución de volumen de plaquetas, pero no se observaron modificaciones en los eritrocitos (Tabla 2).

Tabla 1. Recuentos de leucocitos y plaquetas, y concentraciones de IL6 y PCR-as, en ayunas y a las 4 horas postprandiales, con ambos desayunos (n=42). Valores en medianas y RIC.

	IAG*		p-value	IAG+S		p-value**
	Ayunas	4 horas		Ayunas	4 horas	
LEU	6,33 (5,23/7,33)	7,11 (6,12/8,26)	<0,001	6,05 (5,18/6,89)	7,22 (6,33/8,14)	<0,001
LIN	2,21 (1,71/2,65)	2,28 (1,98/2,89)	0,001	2,03 (1,59/2,4)	2,47 (2,14/2,91)	<0,001
MID	0,470 (0,355/0,553)	0,515 (0,420/0,653)	<0,001	0,455 (0,370/0,580)	0,500 (0,400/0,640)	0,082
GRA	3,65 (2,88/4,44)	4,38 (3,41/5,39)	<0,001	3,41 (3,02/4,17)	4,32 (3,43/4,93)	<0,001
PLT	254 (221/290)	264 (234/303)	0,001	254 (217/306)	260 (235/307)	<0,001
IL6	1,42 (0,62/2,18)	1,34 (0,67/2,10)	0,060	1,38 (0,71/1,65)	0,99 (0,62/1,60)	0,010
PCR-as	1,43 (0,78/2,38)	1,62 (0,96/2,58)	0,031	1,11 (0,56/2,22)	1,47 (0,75/2,32)	0,029

*IAG= ingesta alta en grasas; IAG+S= ingesta alta en grasas con agregado de aceite de Sacha inchi; LEU= leucocitos; LIN= linfocitos; MID= células de tamaño intermedio; GRA= granulocitos; PLT= plaquetas; IL6= interleukina 6; PCR-as= proteína C reactiva de alta sensibilidad; RIC= rango intercuartílico. Unidades de LEU, LIN, MID, GRA, OLT= 103/mm³; IL6 en pg/mL y PCR-as en mg/L. **Test T para muestras pareadas

Figura 2: Distribución porcentual de las fracciones leucocitarias basales y a las 4 horas, con ambos desayunos.

Figura 3: Cambios en la relación granulocitos/linfocitos con ambos desayunos.

Tabla 2. Efectos de ambos desayunos sobre forma y tamaño de plaquetas y eritrocitos. Valores en Mediana y RIC.

	IAG		p-value	IAG+S		p-value**
	Ayunas	4 horas		Ayunas	4 horas	
VPM	10,3 (9,9/11,0)	10,5 (10,0/11,4)	0,002	10,2 (9,7/11,2)	10,6 (9,8/11,3)	0,016
ADVP	39,1 (37,4/39,7)	39,2 (38,1/40,5)	0,042	38,7 (37,9/39,6)	39,6 (38,3/40,3)	0,056
VCM	84,0 (81,0/86,0)	83,0 (81,0/87,0)	0,906	84,0 (82,0/86,0)	83,0 (81,8/86,3)	0,769
ADVE	12,4 (12,2/12,7)	12,4 (12,1/12,6)	0,962	12,4 (12,2/12,7)	12,5 (12,2/12,8)	0,843

*VPM= volumen plaquetario medio; ADVP= amplitud de distribución del volumen plaquetario; VCM= volumen corpuscular medio; ADVE= amplitud de distribución de volumen eritrocitario. Unidades de VPM en μm^3 ; ADVP en %; VCM en μm^3 ; ADVE (%). **Test T para muestras pareadas. **Test T para muestras pareadas.

DISCUSIÓN

El consumo de los desayunos ricos en grasa, incrementaron significativamente el recuento total de leucocitos a las 4 horas postprandiales, sin embargo, el aumento en la relación granulocitos/linfocitos, verificado tras el consumo de IAG no se observó en el grupo con aceite de Sacha inchi, lo que parece indicar que esta estrategia podría mejorar la relación y aportar a disminuir el impacto inflamatorio del consumo de alimentos proinflamatorios.

Estudios previos han mostrado que los productos de la lipólisis postprandial de VLDL, entre ellos las lipoproteínas ricas en triacilglicéridos, aumentan la expresión de citoquinas, integrinas y factores de adhesión a células endoteliales en monocitos circulantes, lo cual es considerado un evento temprano de riesgo para el desarrollo de aterosclerosis^{2,15}.

Como previamente se ha reportado, la etapa postprandial se acompaña de un aumento en el recuento de leucocitos, como se evidenció en nuestro estudio con ambos desayunos. Sin embargo, las diferencias en las poblaciones leucocitarias, afectadas tras la complementación con el aceite de Sacha inchi, podrían tener significancia clínica según las evidencias que soportan la adjudicación de distinto papel en la patogenia cardiovascular.

La disminución de la relación granulocitos/linfocitos que se observó luego del agregado del aceite de Sacha inchi podría interpretarse como una atenuación del estado inflamatorio post ingesta de grasas, como consecuencia de la modificación del balance hacia poblaciones leucocitarias con mayor impacto en el control de los procesos inflamatorios postprandiales. Experimentos en modelos animales han permitido demostrar que la suplementación con ácidos grasos omega 3 producen disminución de citoquinas como la IL6¹⁶ y afecta la hematopoiesis, reduciendo progenitores del linaje que deriva en granulocitos y monocitos¹⁷. En nuestro estudio el elevado contenido en ácidos grasos instaurados omega 3 y 6 del aceite de Sacha inchi, podría explicar en parte las modificaciones en las poblaciones leucocitarias hacia perfiles menos inflamatorios, en coherencia con los hallazgos de Kiecolt et al¹⁸.

Los granulocitos y más específicamente su fracción mayoritaria, los neutrófilos, producen mediadores inflamatorios que alteran la función del endotelio y que podrían ser parte del desarrollo de la enfermedad cardiovascular. Los linfocitos, en cambio, se han vinculado a actividades regulatorias negativas de la inflamación, lo que podría proteger de las consecuencias de un estado inflamatorio sostenido en el tiempo. De hecho, meta análisis sobre el tema, han permitido establecer que una alta relación granulocitos/linfocitos se asocia significativamente con todos los eventos de riesgo cardiovascular¹⁹.

De acuerdo con lo anterior, la disminución de la relación granulocitos/linfocitos evidenciada con la ingesta del aceite, podría estar indicando una atenuación en la respuesta inflamatoria postprandial, y podría explicar en parte los beneficios en términos de salud cardiovascular.

A diferencia de nuestro estudio, Peluso et al²⁰ reportaron una disminución en los recuentos leucocitarios postprandiales luego de la adición de un alimento funcional a una comida rica en grasas y carbohidratos. Estos autores reportaron también una mejora en el índice de peroxidación lipídica en linfocitos, pero no en granulocitos ni monocitos, lo que adjudicaron al estado saludable de los sujetos incluidos en el estudio pero bien podía estar reflejando diferencias metabólicas propias de cada tipo celular. Cerletti et al²¹, por su parte, hallaron que la adición de jugo de naranja a una comida rica en ácidos grasos previno el aumento de leucocitos circulantes.

Este tipo de cambios en las poblaciones leucocitarias también se han evidenciado en enfermedades crónicas como la diabetes mellitus, cuyas complicaciones se deben, en gran medida a procesos que involucran inflamación, dislipidemia y disfunción endotelial²².

Un estudio en sujetos con obesidad diagnosticados con diabetes y en diferentes grados de control glucémico, mostró relación entre VCM con los marcadores del metabolismo de la glucosa²³. Este hallazgo podría relacionarse con las diferencias halladas en la deformabilidad de los eritrocitos en presencia de elevadas concentraciones de glucosa, las cuales

podrían explicar en parte la aparición de microangiopatía diabética. Nuestros resultados, sin embargo, no mostraron que el consumo agudo de alimentos modificara significativamente el VCM ni el ADE, lo que podría deberse a que estos parámetros respondieran más a incrementos sostenidos de los niveles de glucosa, característicos del paciente con diabetes, que a modificaciones postprandiales.

Otros autores, mostraron que los niveles de glucemia se relacionaron con cambios también para los demás componentes celulares circulantes, incluyendo forma y un aumento significativo en el recuento de leucocitos y plaquetas²⁴.

Estos hallazgos, sin embargo, fortalecen las evidencias que muestran que la genética, el estado metabólico y los hábitos alimenticios inciden en la composición y posiblemente en la función de las membranas de los eritrocitos²⁵.

Recientemente, Martínez et al²⁶ reportaron una disminución en los niveles de IL6 postprandiales, tras el consumo de cargas proteicas o de carbohidratos, mientras que se observó un ligero aumento frente al consumo de una carga exclusiva de lípidos. Estos hallazgos son coincidentes con la disminución observada en nuestro estudio, tomando en consideración que los desayunos ingeridos contenían los tres tipos de macronutrientes, o estar relacionado con el posible efecto antiinflamatorio que se le ha adjudicado recientemente a esta citoquina, lo que guardaría coherencia con la disminución del índice granulocitos/linfocitos^{27,28}.

En una publicación anterior¹² nuestro grupo reportó la disminución en la concentración de IL6 tras la ingesta del aceite en aquellos participantes que presentaban mejor salud metabólica. De manera similar, el análisis de los resultados del presente trabajo mostró correlación negativa entre el índice granulocitos/linfocitos y la concentración de IL6 a las 4 horas en este mismo subgrupo, lo que podría estar indicando un nexo entre ambos eventos, y la existencia de respuestas diferentes según el estado metabólico previo.

Otro hallazgo interesante de nuestro estudio tiene que ver con la evidencia de aumento del volumen plaquetario medio y la distribución plaquetaria, tras el consumo de ambos desayunos. Esto sugiere cambios a nivel de la trombopoyesis medular. Además, las plaquetas secretan un amplio espectro de mediadores de la función endotelial, la coagulación e inflamación y se afectan por el estado inflamatorio sistémico. El VPM ha sido relacionado con la función plaquetaria y puede ser considerado un nuevo factor de riesgo de aterotrombosis, por lo que ha sido propuesto como un biomarcador de uso pronóstico en pacientes con enfermedad cardiovascular²⁹ y se ha asociado con otros factores de riesgo como hipertensión y disfunción endotelial³⁰. De acuerdo con nuestros resultados, el consumo de alimentos ricos en grasa podría contribuir desde las alteraciones plaquetarias al desarrollo de enfermedad cardiovascular. En las 4 horas postprandiales incluidas en la evaluación, este efecto que no se modificó por la complementación con aceite de Sacha inchi.

En nuestro conocimiento, este estudio es el primero

en reportar los efectos postprandiales sobre variables hematológicas, del agregado del aceite de Sacha inchi a una comida rica en grasas. Entre posibles limitaciones del estudio se halla el haber incluido exclusivamente personas de sexo masculino. Este hecho, aunque controla las posibles variaciones debidas a factores hormonales, impide que estos resultados puedan ser extrapolados a mujeres. Sumado a lo anterior, tampoco fue posible realizar un control exhaustivo del tipo de alimentación previa consumida por los participantes, sin embargo, los criterios de inclusión consideraban que no estuvieran bajo ninguna restricción dietaria, lo que buscó evitar la heterogeneidad de este factor entre los sujetos de estudio.

Son fortalezas de este estudio, la estandarización de los procedimientos experimentales aplicados, la asignación aleatoria a la ingesta de los alimentos y el periodo entre intervenciones, que permiten asegurar la confiabilidad de los resultados obtenidos.

CONCLUSIÓN

El consumo de un alimento rico en grasas solo o con la complementación del aceite de Sacha inchi produjo cambios en marcadores circulantes de inflamación celulares y bioquímicos.

Con ambos desayunos, se observó un incremento significativo en el recuento total de leucocitos a las 4 horas postprandiales, sin embargo, la relación granulocitos/linfocitos, que aumenta tras el consumo de IAG no fue observada con la complementación con aceite de Sacha inchi, lo que parece indicar que esta estrategia podría disminuir el impacto inflamatorio del consumo de alimentos.

Las alteraciones en número de plaquetas, volumen plaquetario medio y distribución de tamaño plaquetaria, tras el consumo de ambos desayunos, sumado al incremento del número de leucocitos y proteína C reactiva, muestran el carácter inflamatorio de la etapa postprandial. Su estudio y la comprensión de la compleja red de eventos durante este período podrían contribuir a explicar su papel durante el desarrollo de enfermedad cardiovascular y direccionar adecuadamente el uso de complementos alimenticios como el aceite de Sacha inchi.

Financiamiento. Los autores expresan su agradecimiento a la Universidad de San Buenaventura, Cartagena y a la Universidad Icesi, Cali, Colombia, por su apoyo para el desarrollo del proyecto. Código del Proyecto: CA051366.

REFERENCIAS

1. Tamburrelli C, Gianfagna F, D'Imperio M, De Curtis A, Rotilio D, Iacoviello L et al. Postprandial cell inflammatory response to a standardized fatty meal in subjects at different degree of cardiovascular risk. *Thromb Haemost.* 2012; 107: 530-537.
2. den Hartigh LJ, Altman R, Norman JE, Rutledge JC. Postprandial VLDL lipolysis products increase monocyte adhesion and lipid droplet formation via activation of ERK2 and NF- κ B. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2014; 306: H109-H120.
3. Alipour A, van Oostrom AJ, Izraeljan A, Verseyden C, Collins

- JM, Frayn KN, et al. Leukocyte activation by triglyceride-rich lipoproteins. *Arterioscler Thromb Vasc Biol.* 2008; 28: 792-797.
4. Santos HO, Moreira ILF. Neutrophil-lymphocyte ratio in cardiovascular disease risk assessment. *Int J Cardiovasc Sci.* 2018; 31: 532-537.
5. Perez-Martinez P, Rizzo M, Montalto G, Lopez-Miranda L. Postprandial metabolism: From research to clinical practice. *Clin Lipidol.* 2013; 8: 395-398.
6. de Vries MA, Klop B, Eskes SA, van der Loos TJL, Klessens-Godfroy FJM, Wiebolt J, et al. The postprandial situation as a pro-inflammatory condition. *Clin Invest Arterioscl.* 2014; 26: 184-192.
7. Liu X, Hill AM, West SC, Gabauer RM, McCrea CE, Fleming JA, et al. Acute peanut consumption alters postprandial lipids and vascular responses in healthy overweight or obese men. *J Nutr.* 2017; 147: 835-840.
8. Helland A, Bratlie M, Hagen IV, Mjøs SA, Sørnes S, Halstensen AI, et al. High intake of fatty fish, but not of lean fish, improved postprandial glucose regulation and increased the n-3 PUFA content in the leucocyte membrane in healthy overweight adults: A randomized trial. *Br J Nutr.* 2017; 117: 1368-1378.
9. Chirinos R, Zuloeta G, Pedreschi R, Mignolet E, Larondelle Y, Campos D. Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*): A seed source of polyunsaturated fatty acids, tocopherols, phy-tosterols, phenolic compounds and antioxidant capacity, *Food Chem* 2013; 141: 1732-1739.
10. Gutiérrez LF, Rosada LM, Jimenez A. Chemical composition of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds and characteristics of their lipid fraction. *Grasas Aceites.* 2011; 62: 76-83.
11. Garmendia F, Pando R, Ronceros G. Effect of Sacha inchi oil (*Plukenetia volubilis* L) on the lipid profile of patients with hyperlipoproteinemia. *Rev Peru Med Exp Salud Pública* 2011; 28: 628-632.
12. Alayón AN, Ortega Ávila JG, Echeverri Jiménez I. Metabolic status is related to the effects of adding of sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil on postprandial inflammation and lipid profile: Randomized, crossover clinical trial. *J Food Biochem.* 2019; 43: e12703.
13. Ekpo JS, Okeudo NJ, Uchegbu MC, Etuk EB. Effect of dietary pumpkin stem waste on haematological indices, meat and serum lipid profiles of rabbits. *Eur Sci.* 2019; 15: 10-20.
14. Lubkowska A, Radecka A, Bryczkowska I, Rotter I, Laszczyńska M, Dudzińska W. Serum adiponectin and leptin concentrations in relation to body fat distribution, hematological indices and lipid profile in humans. *Int J Environ Res Public Health.* 2015; 12: 11528-11548.
15. Botham KM, Wheeler-Jones CP. Postprandial lipoproteins and the molecular regulation of vascular homeostasis. *Prog Lipid Res.* 2013; 52: 446-464.
16. Meydani SN, Endres S, Woods MM, Goldin BR, Soo C, Morrill-Labrode A, et al. Oral (n-3) fatty acid supplementation suppresses cytokine production and lymphocyte proliferation: Comparison between young and older women. *J Nutr.* 1991; 121: 547-555.
17. Varney ME, Buchanan JT, Dementieva Y, Hardman WE, Sollars VE. A high omega-3 fatty acid diet has different effects on early and late stage myeloid progenitors. *Lipids.* 2011; 46: 47-57.
18. Kiecolt-Glasera JK, Belury MA, Andridge R, Malarkey WB, Hwang BS, Glaser R. Omega-3 supplementation lowers inflammation in healthy middle-aged and older adults: A randomized controlled trial. *Brain Behav Immun.* 2012; 26: 988-995.
19. Angkananard T, Anothaisintawee T, McEvoy M, Attia J, Thakkestian A. Neutrophil lymphocyte ratio and cardiovascular disease risk: A systematic review and meta-analysis. *Biomed Res Int.* 2018; 2703518.
20. Peluso I, Manafikhi H, Reggi R, Longhitano Y, Zanza C, Palmery M. Relationship between the peroxidation of leukocytes index ratio and the improvement of postprandial metabolic stress by a functional food. *Oxid Med Cell Longev.* 2016; 2016: 5630985.
21. Cerletti C, Gianfagna F, Tamburrelli C, De Curtis A, D'Imperio M, Coletta W, et al. Orange juice intake during a fatty meal consumption reduces the postprandial low-grade inflammatory response in healthy subjects. *Thromb Res.* 2015; 135: 255-259.
22. Asmah RH, Yeboah G, Asare-Anane H, Antwi-Baffour S, Archampong TN, Brown CA, et al. Relationship between oxidative stress and haematological indices in patients with diabetes in the Ghanaian population. *Clin Diabetes Endocrinol.* 2015; 1: 7.
23. Lindarto D, Syafril S, Gatot D. The correlation between glycemic characteristic and erythrocyte indices in obesity. *Indones Biomed J.* 2016; 8: 167-172.
24. Shetty A, Vijaya C, Jayalakshmi VJ, Lekha MB. Comparison of mean platelet volume, platelet count, total leucocyte and neutrophil counts in normoglycemics, impaired fasting glucose and diabetics. *Int J Sci Stud.* 2014; 2: 24-27.
25. Lankinen M, Uusitupa M, Schwab U. Genes and dietary fatty acids in regulation of fatty acid composition of plasma and erythrocyte membranes. *Nutrients* 2018; 10: 1785.
26. Martínez-García MA, Moncayo S, Insenser M, Montes-Nieto R, Fernandez-Dur E, Alvarez-Blasco F, et al. Postprandial inflammatory responses after oral glucose, lipid and protein challenges: Influence of obesity, sex and polycystic ovary syndrome. *Clin Nutr.* 2020; 39: 876-885.
27. Hunter A, Jones SA. IL-6 as a keystone cytokine in health and disease. *Nat Immunol.* 2015; 16: 448-457.
28. Teeman CS, Kurti SP, Cull BJ, Emerson SR, Haub MD, Rosenkranz SK. Postprandial lipemic and inflammatory responses to high-fat meals: A review of the roles of acute and chronic exercise. *Nutr Metab.* 2016; 13: 80.
29. Lee JS, Kim NY, Na SH, Youn YH, Shin CS. Reference values of neutrophil-lymphocyte ratio, lymphocyte-monocyte ratio, platelet-lymphocyte ratio, and mean platelet volume in healthy adults in South Korea. *Medicine (Baltimore).* 2018; 97: e11138.
30. Enawga B, Adane N, Terefe B, Asrie F, Melku M. A comparative cross-sectional study of some hematological parameters of hypertensive and normotensive individuals at the university of Gondar hospital, Northwest Ethiopia. *BMC Hematol.* 2017; 17: 21.