

Impacto de la fibra dietaria antioxidante de café (*Coffea arabica* L.) usado sobre la actividad locomotora circadiana de adultos sanos.

K. Y. Oseguera-Castro¹, O.P. García-Obregón², G. Loarca-Piña¹, S.O. Mendoza-Díaz¹, y R. Campos-Vega^{1*}
1 Programa en Alimentos del Centro de la República (PROPAC), Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, Qro 76010, México. 2 Programa de Nutrición, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, Qro 76010, México.

*Autor de correspondencia: chio_cve@yahoo.com.mx, kayaosca@gmail.com

RESUMEN:

Los seres vivos han desarrollado un —reloj interno| denominado —ritmo circadiano| (RC). Dentro de las principales señales capaces de modular el RC se encuentran el ejercicio programado (actividad/reposo) y la alimentación. Las alteraciones en estos ciclos (cronodisrupción) se asocian con un aumento del riesgo a desarrollar enfermedades no transmisibles como el cáncer, sobrepeso y obesidad, por lo que el establecimiento de ritmos circadianos adecuados es prioritario. El objetivo de este trabajo fue evaluar el potencial de la fibra dietaria antioxidante del café (*Coffea Arabica* L.) usado (FDACU), incorporada en una galleta, sobre el ritmo circadiano, la capacidad antioxidante en plasma, parámetros antropométricos y bioquímicos mediante un estudio clínico. La composición proximal y capacidad antioxidante de la FDACU y las galletas fueron determinadas. El consumo de la FDACU como parte de una galleta (5 g fibra/día, 21 días) incremento la capacidad antioxidante plasmática, mejoró hasta un 20% la actividad física, calidad de sueño y el cronotipo biológico (matutinidad- vespertinidad), demostrando su efecto positivo sobre la regulación del RC. La ingesta calórica disminuyó para el grupo que consumió la galleta con FDACU, con valores de circunferencia de cintura significativamente menores ($p < 0.05$) y un menor porcentaje de grasa corporal, respecto al grupo control y a valores basales. Este trabajo muestra por primera vez el potencial de la FDACU para modular la actividad locomotora circadiana, la capacidad antioxidante y el peso corporal.

Palabras clave: café usado, fibra dietaria antioxidante, ritmo circadiano.

ABSTRACT:

Living beings have developed an —internal clock| called —circadian rhythm| (CR). The main signals capable of modulating CR are exercise (activity/rest) and diet. The variations in these cycles (chronodisruption) are associated with an increased risk of developing non-communicable diseases such as cancer, overweight, and obesity. So the establishment of appropriate circadian rhythms its priority. The aim of this work was to evaluate the potential of the antioxidant dietary fiber from spent coffee (*Coffea Arabica* L.) grounds (ADFSCG), incorporated into a cookie, on the circadian rhythm, plasmatic antioxidant capacity, anthropometric and biochemical parameters, through a clinical study. The proximal composition and antioxidant capacity of ADFSCG and cookies were determined. ADFSCG consumption as part of a cookie (ADFSCG-C, 5g fiber/day, 21 days) increased plasma antioxidant capacity. Physical activity (up to 20%), sleep quality and biological chronotype (morningness/eveningness) were improved by ADFSCG-C, suggesting its positive effect on CR regulation. The intake of ADFSCG-C significantly decreased total caloric intake, waist circumference values as well as percentage of body fat ($p < 0.05$), compared to the control group, and baseline values. This work shows, for the first time, the potential of ADFSCG to modulate circadian locomotor activity, plasmatic antioxidant capacity and body weight.

Keywords: spent coffee grounds, antioxidant dietary fiber, circadian rhythms.

INTRODUCCIÓN

El café es un producto alimenticio de gran importancia debido a su alto consumo e impacto en la economía global, generándose grandes cantidades de residuos industriales durante su procesamiento. El café es el segundo producto más comercializado después del petróleo y es una de las bebidas más populares en el mundo (Naranjo y col. 2011); ésta incluye una mezcla compleja de compuestos bioactivos, los cuales presentan una gran diversidad de efectos fisiológicos, entre los cuales destaca la fibra antioxidante (Campos-Vega y col. 2015). Dependiendo el método de procesamiento de la cereza de café, es decir, proceso húmedo o seco, el tostado y la elaboración de la bebida, se generan diversos residuos sólidos como la cáscara de la pulpa, piel plateada y el café usado (CU) (Murthy y Naidu, 2012a). El café usado es un residuo obtenido durante el tratamiento de café, tostado y molido, con agua caliente o vapor para la preparación de la bebida. Es el subproducto que cobra mayor importancia de la industria del café, teniendo en cuenta que casi el 50% de la producción mundial de café se procesa para la obtención de café soluble (Naranjo y col. 2011). Se ha sugerido que el café usado puede ser empleado como un potencial ingrediente funcional, debido a la elevada cantidad de fibra dietaria que contiene, además posee una gran cantidad de compuestos fenólicos que le confieren una marcada actividad antioxidante (Esquivel y Jiménez, 2012). El concepto de fibra dietaria antioxidante se refiere a aquella materia prima con un elevado porcentaje de fibra dietaria y cantidades apreciables de antioxidantes naturales asociados a la matriz del conjunto de compuestos no digestibles como las proteínas y los polisacáridos (Sauceda y col. 2011). La fibra proporciona múltiples beneficios a la salud, sin embargo, en México, según datos de la Encuesta de Salud y Nutrición 2012, reportan que el consumo diario de fibra en adultos es de 15.8g cuando la recomendación es de 30 y 35 g para mujeres y hombres, respectivamente. Los compuestos fenólicos asociados a la fibra dietaria se caracterizan por presentar diferentes propiedades biológicas como capacidad antioxidante en plasma y colon. Una cantidad apreciable de polifenoles asociados a la fibra dietaria proporciona una capacidad antioxidante significativa que puede tener efectos pronunciados en sus propiedades. Esta característica se deriva del poder antioxidante sinérgico acumulativo de los polifenoles asociados, así como de otros componentes menores (carotenoides y productos de la reacción de Maillard) (Sauceda y col. 2011). Estudios recientes indican que algunos compuestos como la cafeína, los ácidos fenólicos (derivados del ácido clorogénico), los compuestos formados durante la reacción de Maillard (melanoidinas), y ligninas, presentes en el café, poseen propiedades antioxidantes que podrían estar relacionadas con la actividad locomotora circadiana de los individuos (Méndez y col. 2016). Los seres vivos han desarrollado un —reloj interno| cuya periodicidad es cercana a 24 horas, de aquí el término —ritmo circadiano| (RC). Los relojes circadianos biológicos ayudan a coordinar la homeostasis metabólica (Ojeda y col. 2016). Dentro de las principales señales de entrada, capaces de modular el RC, se encuentran la luz (cambios luz/oscuridad), el ejercicio programado (actividad/reposo) y la alimentación debido a que estos relojes moleculares anticipan periodos regulares de suministro de energía frente a la demanda. Investigaciones recientes sugieren a la alimentación como el principal modulador del RC. Los patrones y compuestos de la alimentación producen ciclos diurnos de las comunidades microbianas intestinales y sus metabolitos asociados, promoviendo la sincronización circadiana adecuada en el huésped (Voigt y col. 2014). Las alteraciones en estos ciclos (cronodisrupción) se asocian con un aumento del riesgo a desarrollar enfermedades no transmisibles como el cáncer, sobrepeso y obesidad, debido al vínculo entre la microbiota intestinal y el ritmo circadiano que sugiere un papel fundamental en el establecimiento de la salud metabólica. Se sugiere que la dieta mediterránea modula el RC, asociado a su aporte de fibra dietaria y antioxidantes. Las dietas occidentales que suelen ser altas en grasas crean disbiosis y alteran las oscilaciones de las bacterias (Ojeda y col. 2016). Por lo que el establecimiento de ritmos circadianos adecuados es prioritario. Actualmente se estudia la —actividad locomotora circadiana| que integra el análisis de variables como la temperatura corporal, posición corporal, actividad y exposición a la luz, permitiendo tener un diagnóstico cronobiológico de las personas o determinar el efecto que la alimentación tiene sobre los RC (Ortiz-Tudela y col. 2010). El objetivo de este trabajo es evaluar el potencial de la fibra dietaria antioxidante del café usado (FDACU), adicionada a una galleta, y su relación con la actividad locomotora circadiana, mediante un estudio clínico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El café usado, para la extracción de la fibra dietaria antioxidante, fue recolectado en una cafetería local con presencia nacional; este es identificado como —mezcla espressol, que se caracteriza por ser una mezcla de diversos cafés mexicanos de los estados de Oaxaca, Chiapas, Veracruz y Puebla. El café usado se sometió a un pre-tratamiento y posteriormente a calentamiento óhmico (*patente en trámite*) (Vázquez-Sánchez y col. 2016) para la extracción de fibra dietaria antioxidante. Se elaboraron 2 galletas, de acuerdo al tipo de receta: a) formulación comercial (GC, ausencia de fibra; 45 g galletas/día), b) galleta con fibra dietaria antioxidante de café usado (GFDACU; 5g de fibra en 45 g de galleta/día). El análisis proximal se realizó de acuerdo a la metodología descrita por la AOAC, (2002), tanto en el café usado, en la fibra de café y en las galletas. La capacidad antioxidante de las galletas se determinó por los métodos ABTS (Nenadis y col. 2004) y DPPH (Fukumoto y Mazza, 2000), basados en la transferencia de electrones. Para la intervención clínica se reclutaron a 44 sujetos de acuerdo a lineamientos de inclusión: edad 18-45, IMC 18.5-29.9, entre otros, así como la firma del consentimiento informado. Todas las evaluaciones se realizaron al inicio y al final de la intervención. En la antropometría se midió la circunferencia de cintura con una cinta métrica SECA 201 ergonómica; para la medición de talla se utilizó el estadímetro seca 274 con transmisión inalámbrica y el análisis de composición corporal se realizó con seca mBCA 514 medical Body Composition Analyzer. Las medidas de estandarización se realizaron utilizando los procedimientos recomendados por la OMS (1995). Las evaluaciones bioquímicas consistieron en la toma de muestras de sangre basal y final, de las cuales se separó el plasma para la cuantificación de antioxidantes. Los parámetros metabólicos bioquímicos incluyeron: glucosa, triglicéridos, colesterol, LDL, HDL, VLDL e insulina, los cuales fueron analizados utilizando técnicas colorimétricas estandarizadas. El estudio fue un muestreo no probabilístico aleatorizado paralelo y comenzó con una semana de toma de muestras y aplicación de cuestionarios y muestras basales, seguido por un período de 3 semanas de tratamiento, y en la cuarta semana para la toma de muestras y aplicación de cuestionarios finales. Los sujetos reclutados consumieron 3 galletas al día (45g), sin importar la hora del consumo. Los grupos fueron: a) galleta formulación comercial (GC, sin fibra), y b) galletas con fibra dietaria antioxidante de café usado (GFDACU). Al inicio se realizó la historia clínica de cada sujeto, mientras que tanto al inicio como al final se incluyó la evaluación dietaria, evaluación socioeconómica, matutinidad-vespertinidad (Horne y Östberg, 1976), cuestionario Internacional de Actividad Física (IPAQ, 2016) y Calidad de Sueño de Pittsburg (Buysse y col. 1989). La capacidad antioxidante en plasma fue evaluada por la capacidad de absorción del radical oxígeno ORAC, basado en la transferencia de átomos de hidrógeno mediante la técnica estandarizada por Dávalos y col. (2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la composición química (Tabla I) indican que la FDACU retiene más del 90% de la composición proximal del CU, sin cambios significativos en el contenido de proteínas, lípidos y carbohidratos. Lo anterior se vio reflejado en la composición química de la galleta formulada con la FDACU, que presenta 55% más proteína que la formulación comercial, pero sin diferencias estadísticas en los otros parámetros. Esto confirma el aporte proteico del CU reportado por Murthy y Naidu (2012a). Los parámetros evaluados en el CU y la FDACU están entre los valores reportados por López-Barrera y col. (2016) y por Hernández-Arriaga y col. (2017), con algunas variaciones.

En el contenido de cenizas también se observan diferencias estadísticas significativas entre las muestras, presentándose un mayor contenido en la GC. Por su parte, el CU, FDACU y la GFDACU no muestran diferencia significativa y concuerdan con lo reportado en la literatura (Mussatto y col. 2011; López-Barrera y col. 2016; Hernández-Arriaga y col. 2017).

En general las diferencias presentadas en la composición proximal, pueden atribuirse a distintos factores. Por ejemplo el proceso de elaboración de la galleta, que implica un procesamiento térmico y la cantidad de FDACU añadida, entre otros.

Tabla I. Composición proximal de café usado (CU), fibra dietaria antioxidante de café usado (FDACU), galleta con FDACU (GFDACU) y galleta formulación comercial (GC).

Parámetro	CU	FDACU	GFDACU	GC
Humedad	9.91 ± 0.29 ^a	8.73 ± 0.55 ^b	2.98 ± 0.03 ^c	3.55 ± 0.08 ^c
Cenizas	1.32 ± 0.00 ^b	1.30 ± 0.04 ^b	1.71 ± 0.07 ^{ab}	2.09 ± 0.47 ^a
Proteínas	13.78 ± 0.01 ^a	13.04 ± 0.56 ^a	12.20 ± 0.10 ^b	7.85 ± 0.13 ^c
Lípidos	13.91 ± 1.85 ^a	12.99 ± 1.24 ^a	7.53 ± 0.28 ^b	5.14 ± 0.25 ^b
Carbohidratos	61.04 ± 1.91 ^b	63.92 ± 1.27 ^b	79.61 ± 0.06 ^a	81.35 ± 0.54 ^a

Los valores se expresan como promedio ± desviación estándar. Letras diferentes por renglón indican diferencia estadística (Tukey, $p < 0.05$).

La capacidad antioxidante del café se atribuye a la presencia de compuestos fenólicos, principalmente el ácido clorogénico, cafeína, ácido ferúlico y la cumarina, además de los productos formados por la reacción de Maillard durante el tostado, como las melanoidinas (Murthy y Naidu 2012b; Panusa y col. 2013; López-Barrera y col. 2013).

La determinación de la capacidad antioxidante en las diferentes muestras se realizó por dos métodos: ABTS y DPPH, a partir de los extractos etanólicos (Tabla II).

Tabla II. Capacidad antioxidante en café usado (CU), fibra dietaria antioxidante de café usado (FDACU), galleta con FDACU (GFDACU) y galleta formulación comercial (GC).

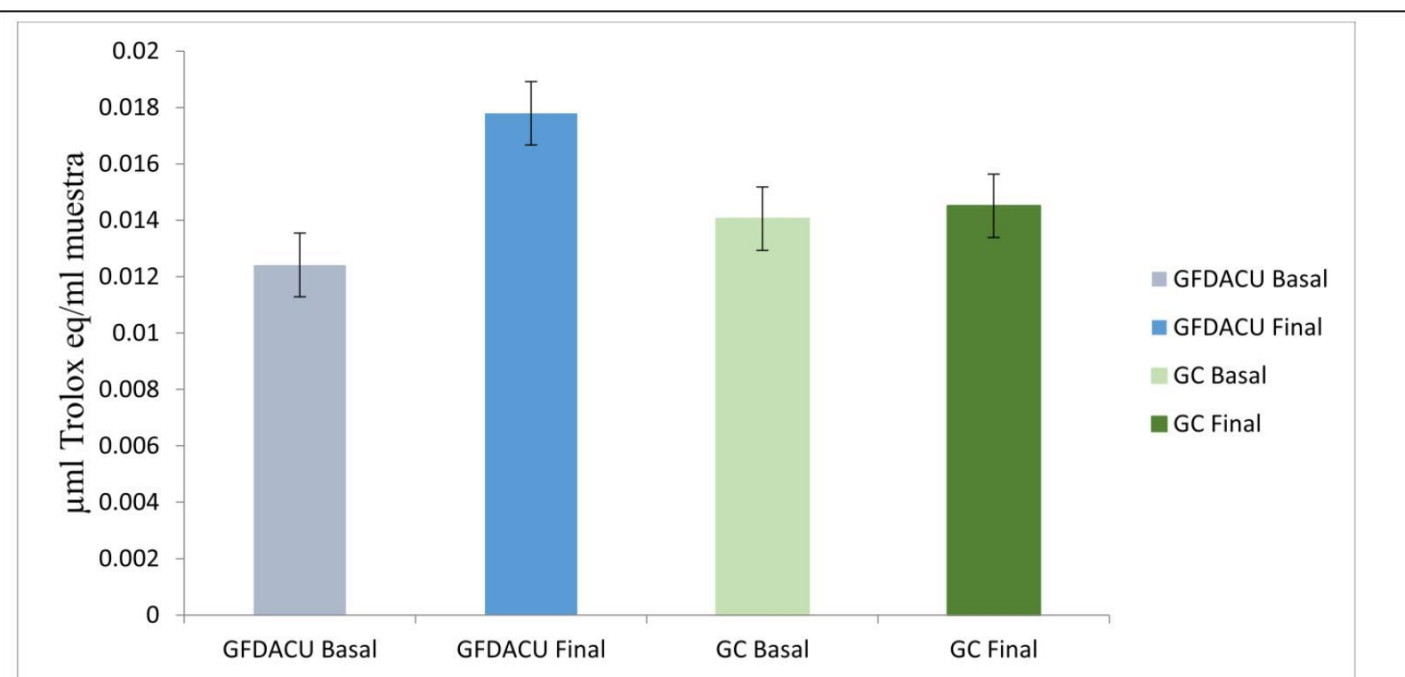
MUESTRA	ABTS	DPPH
CU	72.50 ± 3.46 ^b	127.70 ± 13.50 ^a
FDACU	21.45 ± 0.57 ^a	115.49 ± 1.00 ^a
GFDACU	8.17 ± 3.80 ^c	20.73 ± 0.57 ^b
GC	7.29 ± 1.52 ^c	14.42 ± 1.52 ^b

Expresados como $\mu\text{moles eq de trolox/g}$ de muestra. Cada valor representa el promedio de tres experimentos ± desviación estándar. Diferentes letras en la misma columna expresan diferencias significativas $\alpha \leq 0.05$ en la prueba de Tukey.

La mayor capacidad antioxidante se presentó en el CU (72.50 ± 3.46 y 127.70 ± 13.50 $\mu\text{moles eq de trolox/g}$ de muestra, ABTS y DPPH, respectivamente), con valores menores a lo reportado por Bravo y col. (2013), que podría deberse a la diferencia de solventes utilizados para la extracción. En lo que respecta a la FDACU, esta muestra diferencia significativa con respecto al CU con un decremento de hasta el 22.66 %, que podrían deberse a su extracción por calentamiento óhmico. Las GFDACU presentaron mayor capacidad antioxidante (ABTS y

DPPH) al compararlas con la GC, aunque sin diferencias estadísticas. La capacidad antioxidante de ambas formulaciones es mayor que la de algunos alimentos como tomate, durazno y vino tinto reportados por Esposito y col. (2005) de igual manera, son mayores a lo reportado por Soong y col. (2014) para productos de panificación.

Sorprendentemente, a pesar de que la capacidad antioxidante de las galletas no presentó diferencias significativas, la capacidad antioxidante en plasma de los sujetos que consumieron la GFDACU (5 g fibra/día, 21 días) mostró un incremento significativo ($p < 0.05$) al final de la intervención, siendo superior con respecto a la GC (Figura 1). Lo anterior sugiere la influencia de la bioaccesibilidad y biodisponibilidad de los compuestos bioactivos, específicamente antioxidantes, presentes en la FDACU, que no puede ser determinada mediante métodos químicos. Reverri y col. (2015) han reportado incrementos de actividad antioxidante en plasma por fibra dietaria antioxidante de frijol negro mayores que los generados con fibra y antioxidantes comerciales, confirmando la relevancia de la digestión sobre la bioaccesibilidad y biodisponibilidad de los compuestos antioxidantes, así como de la matriz alimentaria y las interacciones químicas con otros fitoquímicos y/o biomoléculas. Por lo tanto, los compuestos bioactivos del CU, como los antioxidantes reportados previamente (Hernández-Arriaga y col. (2017) se conservan en la FDACU y en la formulación de la galleta.



t Test					
Diferencia	0.0049	Grupo	Media	Desviación Estándar	Error estándar
Error estándar Diferencia	0.0010	GFDACU	0.0053	0.0046	0.0009
Prob > t	< .0001*	GC	0.0004	0.021	0.0004
Prob > t	< .0001*				

Figura 1. Cambios de la capacidad antioxidante en plasma (ORAC) por grupo, después de 21 días de intervención. Cada muestra de plasma fue analizada por triplicado. Se muestran los promedios de los valores basales y finales de cada grupo. GC, galleta formulación comercial. GFDACU, galleta con fibra dietaria antioxidante de café usado. *Significancia estadística $p < 0.05$ (t Test) de la diferencia entre valores finales y basales por tipo de galletas consumidas.

Se reconoce la relación íntima y recíproca entre los ritmos circadianos y las vías metabólicas. Esta interacción confiere características únicas a la expresión de la ritmicidad circadiana de cada tejido y órgano. Por lo que hábitos como ejercicio, sueño, horarios laborales, horarios de alimentación, entre otros, cobran relevancia para priorizar que no se afecte dicha interacción. En la Figura 2 se muestran los resultados del test Horne & Östberg utilizado para evaluar el cronotipo de los sujetos, es decir, sus preferencias (matutinas o vespertinas) para la realización de sus actividades. Se identificó una frecuencia mayoritaria para el cronotipo intermedio en ambos grupos, sin embargo al finalizar la intervención (21 días) el grupo de la GC careció de sujetos de tipo matutino extremo, con un incremento en el porcentaje del cronotipo vespertino moderado, lo cual podría afectar directamente la salud cognitiva y metabólica (Lara y col. 2014; Corbalan-Tutau y col. 2015). Por su parte, al finalizar el estudio, el consumo de la GFDACU incrementó los cronotipos matutino moderado y extremo, lo que fue proporcional al decremento de cronotipos vespertinos moderados, demostrando el efecto de la FDACU sobre la sincronización circadiana.

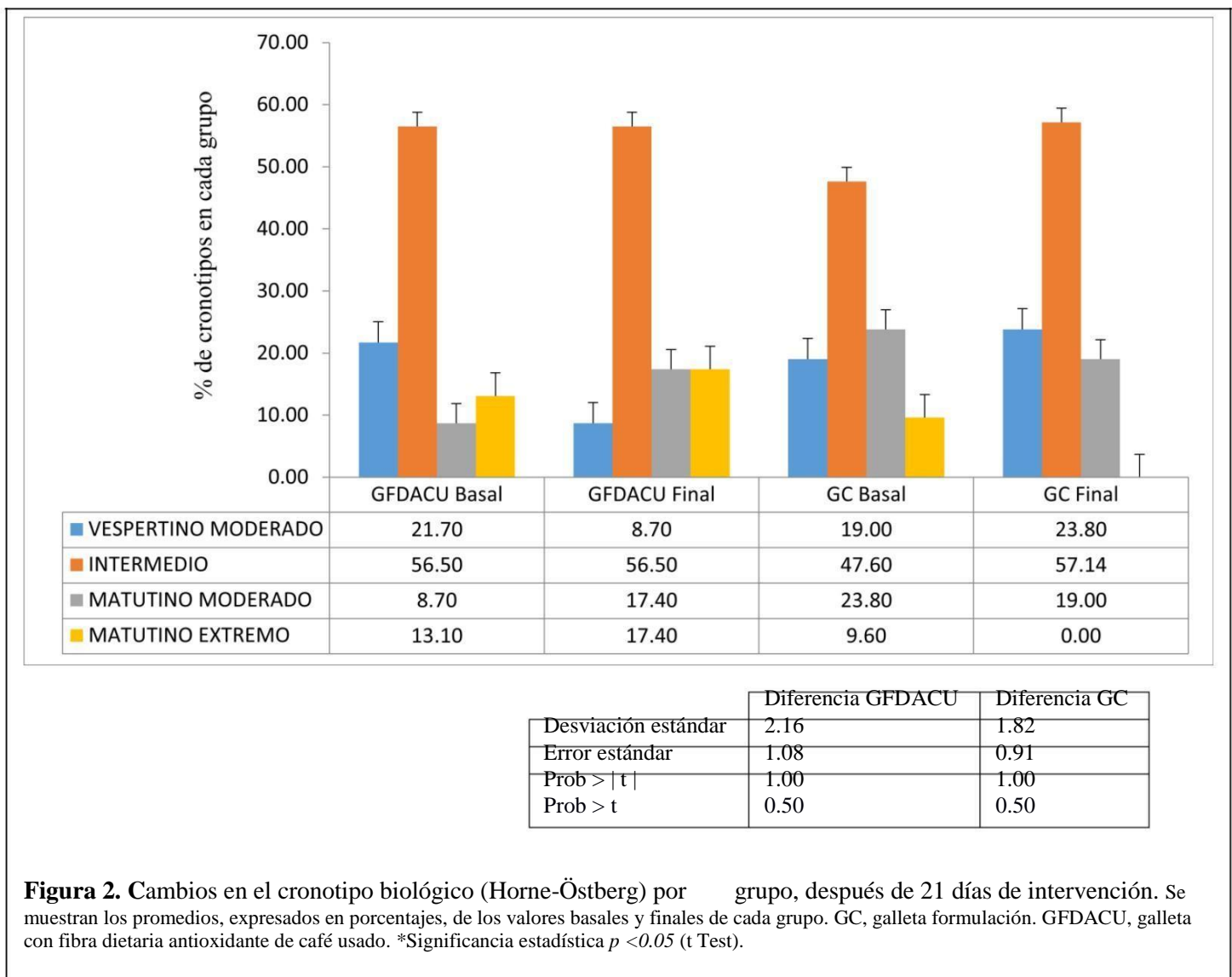


Figura 2. Cambios en el cronotipo biológico (Horne-Östberg) por grupo, después de 21 días de intervención. Se muestran los promedios, expresados en porcentajes, de los valores basales y finales de cada grupo. GC, galleta formulación. GFDACU, galleta con fibra dietaria antioxidante de café usado. *Significancia estadística $p < 0.05$ (t Test).

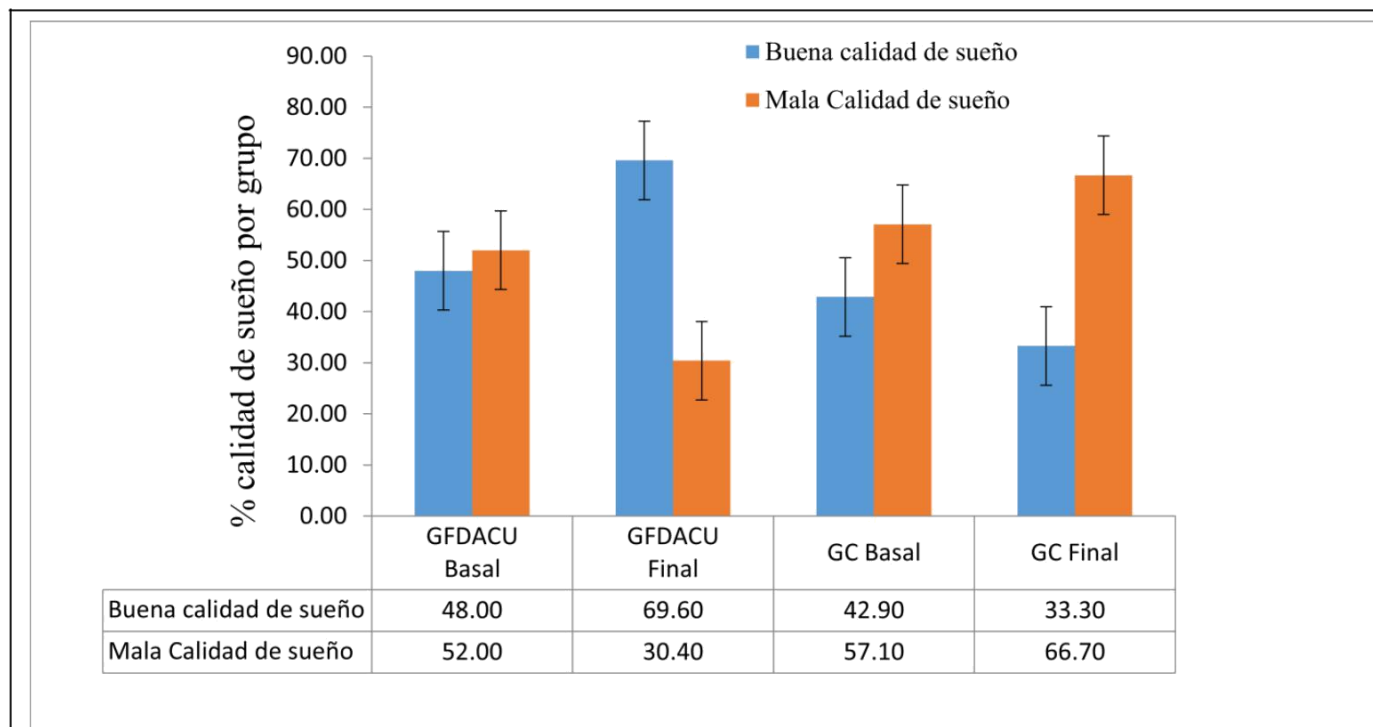
Por otra parte, la Figura 3 nos muestra los resultados obtenidos para el cuestionario Internacional de actividad física (IPAQ), en donde la población de ambos grupos presenta una alta prevalencia (>50%) de actividad física baja, que concuerda con cifras estimadas en la ENSANUT (2012). Corbalan-Tutau y col. (2015) reportan que la baja actividad física propicia cronodisrupción en los individuos generando así aumento en la tasa de enfermedades crónico-degenerativas. Se muestra que al final de los tratamientos los sujetos que consumieron la GFDACU disminuyen un 17% en relación a la actividad física baja e incrementan en actividad física moderada y alta. En

Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos

comparación, los sujetos que consumieron la GC disminuyeron un 14% y 5% actividad física baja y alta respectivamente, mostrando mayoría (>50%) en la actividad física moderada. Con lo que se observa una mejor respuesta en la actividad física de los sujetos que consumieron la GFDACU.

t Test	Diferencia GFDACU	Diferencia GC
Desviación estándar	3.46	3.53
Error estándar	2	2.5
Prob > t	1.00	1.00
Prob > t	0.50	0.50

Aunado a los datos anteriores, los resultados de la calidad de sueño indican que al inicio del estudio los sujetos de ambos grupos tenían mala calidad de sueño (Figura 4). Sin embargo, al finalizar el estudio, el grupo que consumió la GFDACU muestra una mayor frecuencia en una buena calidad de sueño mientras que, el grupo que consumió la GC prevalece en una mala calidad de sueño, o por lo que se destaca el efecto positivo en la regulación circadiana de la FDACU.



t Test	Diferencia GFDACU	Diferencia GC
Desviación estándar	7.07	2.82
Error estándar	5	2
Prob > t	1.00	1.00
Prob > t	0.50	0.50

Figura 4. Cambios en la calidad de sueño por grupo después de 21 días de intervención. Se muestran los promedios, expresados en porcentajes, de los valores basales y finales de cada grupo. GC, galleta formulación. GFDACU, galleta con fibra dietaria antioxidante de café usado. *Significancia estadística $p < 0.05$ (t Test).

Corbalan-Tutau y col. (2015) reportan que los factores previamente analizados (cronotipo, actividad física y calidad de sueño) repercuten directamente en la antropometría de los sujetos y por lo tanto en su salud. En este contexto, se destaca que el grupo que consumió la GFDACU presentó un decremento en la mayoría de los valores antropométricos, siendo de significancia estadística ($p < 0.05$) el porcentaje de grasa corporal y la circunferencia de cintura (Tabla III). Lo anterior concuerda con lo reportado por Stenman y col. (2016), que reporta la capacidad de la fibra dietaria para disminuir el porcentaje de grasa corporal; además, confirma lo reportado por Cobalan y col (2015).

Tabla III. Características generales de la población y cambios en los parámetros antropométricos por grupo, después de 21 días de intervención.

Antropometría	GFDACU		GC	
	Media ± Desv. Std.	t Test	Media ± Desv. Std.	t Test
Edad	26.30 ± 1.36		27.25 ± 1.46	
Género	16 femenino y 7 masculino		13 Femenino y 7 masculino	
Sujetos	23		20	
	Media ± Desv. Std.	t Test	Media ± Desv. Std.	t Test
Peso (kg)	-0.14 ± 1.55**	0.66	0.12 ± 0.94	0.54
IMC (kg/m ²)	-0.08 ± 0.52**	0.45	0.04 ± 0.33	0.57
% de grasa	-0.61 ± 1.24**	0.02*	0.3 ± 1.28	0.29
Grasa (kg)	-0.12 ± 1.17**	0.61	0.22 ± 0.95	0.28
Ángulo de fase (φ)	0.06 ± 0.23**	0.18	0.04 ± 0.43	0.43
Agua corporal total	-0.14 ± 1.47	0.63	-0.19 ± 0.98	0.38
Grasa visceral	-0.05 ± 0.38**	0.48	0.06 ± 0.46	0.51
Circunferencia de cintura (m)	-0.01 ± 0.03**	0.04*	-0.002 ± 0.057	0.86

Los datos presentados como aumento o disminución (-) comparando los valores finales vs los basales. GC, galleta formulación. GFDACU, galleta con fibra dietaria antioxidante de café usado. * p <0,05, diferencia intragrupal significativa. ** p <0,05, diferencia intergrupala significativa

CONCLUSIONES

La FDACU retiene más del 90% de la composición química del CU, lo que mejora la composición química de las galletas elaboradas con esta. Además, la FDACU es una buena fuente de antioxidantes que son bioaccesibles y biodisponibles, ejerciendo efectos benéficos en el consumidor, como el incremento de la capacidad antioxidante en plasma. Lo anterior debido a que la GFDACU conserva un nivel competitivo de antioxidantes frente a otros alimentos y productos horneados.

Por primera vez se informa que la FDACU modula positivamente la actividad locomotora circadiana, cambio asociado a la mejora de la actividad física, la calidad del sueño y del cronotipo biológico. Lo anterior podría estar relacionado con que, al ligarse los compuestos fenólicos, entre otros, con la fibra dietaria estos no sufren hidrólisis enzimática durante el tracto intestinal, llegando de manera a complejada al colon, permitiendo posiblemente la correcta sincronización de las comunidades microbianas intestinales y sus metabolitos asociados, promoviendo así la sincronización circadiana adecuada en el huésped (Voigt y col. 2014), lo que requiere de futuros estudios para ser confirmado.

De manera adicional, se concluye que un gran número de la población mexicana presenta alteraciones en su actividad locomotora circadiana debido, posiblemente, a la baja actividad física, horarios nocturnos, mala calidad de sueño y bajo aporte de fibra dietaria en su alimentación, entre otros factores, por lo que el estado de salud de los sujetos se ve alterado.

Estos resultados nos permiten inferir que la FDACU presenta compuestos nutracéuticos, algunos de los cuales contribuyen a su capacidad antioxidante, así como a su capacidad para mejorar la cronodisrupción. Además, contribuyen a respaldar a la FDACU como un ingrediente para el desarrollo de productos funcionales, contribuyendo a dar un valor agregado a este sub-producto de la industria cafetalera e impactando en la salud de la población.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca de maestría (581700) otorgada a K.Y. Oseguera-Castro. A la Universidad Autónoma de Querétaro por brindarme todo el apoyo durante la elaboración del trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC (2002), *Instructions for inserting: Official methods of analysis of AOAC International*. AOAC international.
- Bravo, J., Monente, C., Juárez, I., De Peña, M. P., & Cid, C. (2013). Influence of extraction process on antioxidant capacity of spent coffee. *Food Research International*, 50(2), 610-616.
- Buysse D.J., ChF. Reynolds III, T.H. Monk, S.R. Berman, D.J. Kupfer. The Pittsburgh Sleep Quality Index: A New Instrument for Psychiatric Practice and Research. *Psychiatry Res.*, 28 (1989), pp. 193–213
- Campos-Vega, R., Loarca-Piña, G., Vergara-Castañeda, H. A., & Oomah, B. D. 2015. Spent coffee grounds: A review on current research and future prospects. *Trends in Food Science & Technology*, 45(1), 24-36.
- Cano-Marquina, A., Tarín, J. J., & Cano, A. 2013. The impact of coffee on health. *Maturitas*, 75(1), 7-21.
- Corbalan-Tutau, M. D., Gomez-Abellan, P., Madrid, J. A., Canteras, M., Ordovas, J. M., & Garaulet, M. (2015). Toward a chronobiological characterization of obesity and metabolic syndrome in clinical practice. *Clinical Nutrition*, 34(3), 477-483.
- Dávalos, A. y col. Extending applicability of the oxygen radical absorbance capacity (ORAC-Fluorescein) assay. *J. Agric. Food Chem.* 2004, 52, 48-54.
- ENSANUT. (2012). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición. Resultados Nacionales. México.
- Esposito, F., Arlotti, G., Bonifati, A. M., Napolitano, A., Vitale, D., & Fogliano, V. (2005). Antioxidant activity and dietary fiber in durum wheat bran by-products. *Food Research International*, 38, 1167–1173.
- Esquivel, P., & Jiménez, V. M. (2012). Functional properties of coffee and coffee by-products. *Food Research International*, 46(2), 488-495.
- Fukumoto, L. R. and Mazza, G. 2000. Assessing Antioxidant and Prooxidant Activities of Phenolic Compound. *J. Agric. Food Chem.*, 48: 3597-3604.
- Hernández-Arriaga, A. M., Oomah, B. D., & Campos-Vega, R. (2017). Microbiota source impact in vitro metabolite colonic production and anti-proliferative effect of spent coffee grounds on human colon cancer cells (HT-29). *Food Research International*.
- Horne JA, Ostberg O. (1976). A self-assessment questionnaire to determine morningness-eveningness in human circadian rhythms. *Int J Chronobiol.* 4:97–110
- International Physical Activity Questionnaire. Disponible en <http://www.ipaq.ki.se/downloads.htm> [Consultado el 10 de enero de 2016]
- Lara, T., Madrid, J. A., & Correa, Á. (2014). The vigilance decrement in executive function is attenuated when individual chronotypes perform at their optimal time of day. *PloS one*, 9(2), e88820.
- López-Barrera, D. M., Vázquez-Sánchez, K., Loarca-Piña, M. G. F., & Campos-Vega, R. (2016). Spent coffee grounds, an innovative source of colonic fermentable compounds, inhibit inflammatory mediators in vitro. *Food Chemistry*, 212, 282-290.
- Méndez, I., Vázquez-Martínez, O., Hernández-Muñoz, R., Valente-Godínez, H., & Díaz-Muñoz, M. 2016. Redox regulation and pro-oxidant reactions in the physiology of circadian systems. *Biochimie*, 124, 178-186.
- Murthy, P. S., & Naidu, M. M. (2012)b. Recovery of phenolic antioxidants and functional compounds from coffee industry by-products. *Food and Bioprocess Technology*, 5(3), 897-903.

- Murthy, P.S., & Naidu, M.M. (2012)a, Sustainable management of coffee industry by-products and value addition-A review. *Resources, Conservation and Recycling*, 66, 45-58.
- Mussatto, S. I., Machado, E. M., Martins, S., & Teixeira, J. A. (2011). Production, composition, and application of coffee and its industrial residues. *Food and Bioprocess Technology*, 4(5), 661.
- Naranjo, M., Vélez, L. T., & Rojano, B. A. 2011. Actividad antioxidante de café colombiano de diferentes calidades. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 16(2), 164-173
- Nenadis N., Wang L, Tsimidou M, and Zhang H. 2004. Estimation of scavenging activity of phenolic compounds using the ABTS+ assay. *J. Agric. Food Chem.*, 52(15): 4669-4674.
- Ojeda, P., Bobe, A., Dolan, K., Leone, V., & Martinez, K. (2016). Nutritional modulation of gut microbiota—The impact on metabolic disease pathophysiology. *The Journal of nutritional biochemistry*, 28, 191-200.
- Ortiz-Tudela, E., Martínez-Nicolas, A., Campos, M., Rol, M. Á., & Madrid, J. A. (2010). A new integrated variable based on thermometry, actimetry and body position (TAP) to evaluate circadian system status in humans. *PLoS Comput Biol*, 6(11).
- Panusa, A., Zuorro, A., Lavecchia, R., Marrosu, G., & Petrucci, R. (2013). Recovery of natural antioxidants from spent coffee grounds. *Journal of agricultural and food chemistry*, 61(17), 4162-4168.
- Pérez-Hernández, L. M., Chávez-Quiroz, K., Medina-Juárez, L. Á., & Meza, N. G. 2013. Compuestos fenólicos, melanoidinas y actividad antioxidante de café verde y procesado de las especies *Coffea arabica* y *Coffea canephora*. *Biotecnia*, 15(1), 51-56.
- Reverri, E. J., Randolph, J. M., Steinberg, F. M., Kappagoda, C. T., Edirisinghe, I., & Burton-Freeman, B. M. (2015). Black beans, fiber, and antioxidant capacity pilot study: examination of whole foods vs. functional components on postprandial metabolic, oxidative stress, and inflammation in adults with metabolic syndrome. *Nutrients*, 7(8), 6139-6154.
- Sauceda, A. E. Q., Palafox, H., Sánchez, R. M. R., & Aguilar, G. A. G. 2011. Interacción de compuestos fenólicos y fibra dietaria: capacidad antioxidante y biodisponibilidad. *Biotecnia*, 13(3), 3-11.
- Soong, Y. Y., Tan, S. P., Leong, L. P., & Henry, J. K. (2014). Total antioxidant capacity and starch digestibility of muffins baked with rice, wheat, oat, corn and barley flour. *Food chemistry*, 164, 462-469.
- Stenman, L. K., Lehtinen, M. J., Meland, N., Christensen, J. E., Yeung, N., Saarinen, M. T. & Apter, D. (2016). Probiotic with or without fiber controls body fat mass, associated with serum zonulin, in overweight and obese adults—randomized controlled trial. *EBioMedicine*, 13, 190-200.
- Voigt, R. M., Forsyth, C. B., Green, S. J., Mutlu, E., Engen, P., Vitaterna, M. H. & Keshavarzian, A. (2014). Circadian disorganization alters intestinal microbiota. *PloS one*, 9(5), e97500.
- World Health Organization. (1995). El estado físico: uso e interpretación de la antropometría: informe de un Comité de Expertos de la OMS.