



Nutrición Hospitalaria



Trabajo Original

Otros

Capacidad de atrapamiento de radicales libres de la comida tradicional mexicana *Free radical scavenging capacity of traditional Mexican food*

María Teresa Sumaya-Martínez¹, Edgar Iván Jiménez-Ruiz¹, Marcela Robles-Machuca¹, Cristian Guillermo Valencia-Jurado²,
María Merced Romero-Chávez^{1*}

¹Unidad de Tecnología de Alimentos. Secretaría de Investigación y Posgrado. Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic, Nayarit. México. ²Antropología Social. Escuela Nacional de Antropología e Historia. Ciudad de México, México

Resumen

Introducción: la actividad antioxidante total (CAT) de frutas, verduras, granos y plantas en crudo, así como de platillos y bebidas preparadas confirma la capacidad de los alimentos para neutralizar radicales *in vitro*. Diversos reportes han relacionado el consumo de antioxidantes con una disminución en el riesgo de padecer enfermedades crónico degenerativas. De ahí la importancia de incrementar la información sobre la CAT de alimentos comúnmente consumidos en México.

Objetivo y metodología: determinar la CAT de diversos alimentos preparados tradicionalmente en México. La CAT fue determinada por el ensayo de capacidad de absorción de radicales de oxígeno (ORAC), del radical ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico) (ABTS) y 1,1-difenil-2-picrilhidrazilo (DPPH). Además, se determinó la capacidad de las muestras para reducir el ion férrico al ion ferroso (FRAP).

Resultados: la CAT de alimentos y bebidas preparadas varió de 6 a 102 µmol ET/g en ORAC, destacando las pastas para moles con los valores más altos. Las bebidas se ubicaron entre 0 y 25 µmol ET/g en ORAC. Frente al ABTS fue de 21-342 mg EAA/g, 0 a 297 µmol ET/g con DPPH y de 11-298 mg EAA/g en FRAP. Alimentos como el atún a la plancha, pimiento con cebolla, mole rojo, huitlacoche guisado, frijoles negros refritos, rajas con crema y elote mostraron los valores más altos.

Conclusiones: los alimentos y bebidas utilizados en esta investigación una importante CAT, la cual es atribuida tanto a los ingredientes (pimientos, jitomates, especias ajo, pimienta, cilantro, limón) como a los métodos de preparación.

Palabras clave:

Actividad antioxidante.
Alimentos mexicanos.
Tradicional. Estrés oxidativo.

Abstract

Introduction: the total antioxidant capacity (TAC) of raw fruits, vegetables, grains, and plants, as well as prepared dishes and beverages, confirms the ability of these foods to neutralize radicals *in vitro*. Several studies have related antioxidant intake to decrease risk of suffering chronic degenerative diseases. This underscores the importance of expanding knowledge on the TAC of foods commonly consumed in Mexico.

Objective and methodology: the aim of this research was to determine the TAC of foods traditionally prepared in Mexico. TAC was assessed using the oxygen radical absorbance capacity (ORAC) assay, the 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) radical (ABTS), and 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) assays. Additionally, the capacity of the samples to reduce ferric ions to ferrous ions (FRAP) was measured.

Results: the TAC of prepared foods and beverages ranged from 6 to 102 µmol ET/g in the ORAC assay, with mole pastes showing the highest values. Beverages ranged from 0 to 25 µmol ET/g in ORAC. For the ABTS assay, values ranged from 21-342 mg EAA/g, from 0 to 297 µmol ET/g with DPPH, and from 11-298 mg EAA/g in FRAP. Foods such as grilled tuna, bell peppers with onions, red mole, stewed huitlacoche, refried black beans, rajas with cream, and corn exhibited the highest values.

Conclusions: the foods and beverages examined in this study exhibited significant TAC, which can be attributed to both: the ingredients (e.g., peppers, tomatoes, spices such as garlic, pepper, cilantro, and lemon) and methods of preparation.

Keywords:

Antioxidant activity.
Mexican food. Traditional.
Oxidative stress.

Recibido: 11/11/2024 • Aceptado: 06/04/2025

Conflicto de intereses: los autores declaran no tener conflicto de interés.

Inteligencia artificial: los autores declaran no haber usado inteligencia artificial (IA) ni ninguna herramienta que use IA para la redacción del artículo.

Sumaya-Martínez MT, Jiménez-Ruiz EI, Robles-Machuca M, Valencia-Jurado CG, Romero-Chávez MM. Capacidad de atrapamiento de radicales libres de la comida tradicional mexicana. Nutr Hosp 2025;42(3):555-562
DOI: <http://dx.doi.org/10.20960/nh.05613>

Correspondencia:

María Merced Romero-Chávez. Unidad de Tecnología de Alimentos. Secretaría de Investigación y Posgrado. Universidad Autónoma de Nayarit. Ciudad de la Cultura, s/n. C.P. 63000 Tepic, Nayarit. México
e-mail: maromerochavez@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Desde hace más de dos décadas se ha reportado la actividad antioxidante de frutas, verduras, granos, vegetales y algunos alimentos procesados (1); esta información es de utilidad en la toma de decisiones para incrementar la capacidad antioxidante total (CAT) en la dieta diaria, tanto para pacientes con alguna enfermedad crónico-degenerativa como en personas sanas que desean mantener un sistema redox adecuado para prevenir enfermedades (2,3). Sin embargo, poco se ha reportado sobre la CAT de platillos cocinados y bebidas preparadas tradicionalmente; la actividad antioxidante de dichos alimentos dependerá de la región donde sean cultivados los ingredientes de los cuales se compone, ya que el tipo de suelo influye en la naturaleza y cantidad de metabolitos secundarios (compuestos fenólicos, vitaminas, flavonoides, etc.) que contiene una planta (4); y del tipo de cocción al cual fue expuesto para su consumo, ya que las altas temperaturas y tiempos largos de cocción pueden afectar la disponibilidad de nutrimentos con actividad antioxidante o formar productos de la reacción de Maillard como melanoidinas con actividad antioxidante (5).

Aun cuando existe la posibilidad de incorporar alimentos con actividad antioxidante de manera cotidiana en la dieta, son escasos los reportes sobre dicha actividad de la comida tradicional, siendo las mayores fuentes de antioxidantes las bebidas de té y café (38,6 %), los vegetales (21,9 %), cereales y granos (18,8 %), y las frutas y jugos de frutas (12,4 %), representando todo ellos un poco más del 91 % de la actividad antioxidante total de la dieta (6).

El exceso de radicales libres daña los lípidos, carbohidratos, proteínas y el ADN celular, inhibiendo su función normal. En los lípidos ocurre principalmente la oxidación de ácidos grasos de las membranas, en las proteínas se promueve la oxidación de los grupos sulfhidrilos dañando proteínas estructurales y/o inactivando enzimas, en los carbohidratos se promueve la despolimerización de los polisacáridos y en los ácidos nucleicos ocurre la hidroxilación de las bases, el entrecruzamiento y la rotura del ADN, lo cual produce mutaciones e inhibición de la síntesis de proteínas. Lo anterior se relaciona con el agravamiento de diversas enfermedades, de ahí la importancia de mantener un adecuado sistema antioxidante que neutralice los radicales libres. La exposición de un organismo a sustancias oxidantes, provenientes ya sea del metabolismo interno o del ambiente, genera especies reactivas de oxígeno y especies reactivas de nitrógeno, lo cual puede producir estrés oxidativo, fenómeno donde el incremento en la producción de radicales libres decrece la cantidad de antioxidantes o disminuye la actividad de las enzimas responsables de la neutralización de los radicales libres, lo cual puede resultar en una ineficiente eliminación de dichos radicales libres, provocando daño celular (7).

En condiciones de homeostasis hay un equilibrio entre la formación de radicales libres y su neutralización. Los seres vivos han desarrollado un sistema antioxidante endógeno para protegerse de los radicales libres, integrado por defensas enzimáticas y no enzimáticas. Además, el sistema antioxidante exógeno está

integrado por sustancias antioxidantes obtenidas de la dieta (por ejemplo, vitaminas C y E, flavonoides, carotenoides, etc.). Las defensas antioxidantes se complementan entre sí ya que actúan contra diferentes especies reactivas en los compartimentos celulares para neutralizar o minimizar las alteraciones causadas por los radicales libres. La vitamina E es el principal antioxidante que neutraliza los radicales peróxido en los lípidos biológicos, como las membranas celulares y las lipoproteínas de baja densidad. Por su parte, el ácido ascórbico (vitamina C), soluble en agua, plasma y tejidos, puede reducir el radical tocoferóxido y es un cofactor de diversas reacciones enzimáticas. Los carotenoides pueden tener función antioxidante en las fases lipídicas y estimulan la respuesta inmunológica. Las terapias con antioxidantes naturales se basan en el hecho de disminuir el estrés oxidativo y el daño que este genera. Se ha reportado el uso de antioxidantes para retardar los efectos del envejecimiento, proceso que se relaciona con una disminución de la actividad de las enzimas antioxidantes del sistema endógeno (catalasa, superóxido-dismutasa, glutatión-transferasa y glutatión-peroxidasa). Por lo tanto, incorporar antioxidantes de fuentes externas ayuda a mantener un sistema antioxidante saludable y, con ello, a reducir el proceso metabólico del envejecimiento (8).

Las terapias antioxidantes se han utilizado en el tratamiento de enfermedades crónicas degenerativas; por ejemplo, incluir 100 mg diarios de vitamina E por dos años demostró una reducción del 40 % en el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares en hombres y mujeres (9,10). Adicionalmente, se ha demostrado que la administración oral de 240 mg diarios por tres meses de un antioxidante estabiliza el desarrollo cognitivo y retarda los síntomas en los pacientes con enfermedad de Alzheimer (16-18). La dieta es la principal fuente de antioxidantes exógenos y se clasifican en tres categorías: a) minerales como selenio, hierro y cobre; b) carotenos, vitamina E y vitamina C; y c) fitoquímicos/fitonutrientes como flavonoles, isoflavonas, flavononas y ácidos fenólicos (11).

Diversos grupos de investigación han relacionado el estrés oxidativo con el agravamiento de enfermedades crónico-degenerativas como la diabetes y enfermedades cardiovasculares y neurológicas (Alzheimer, Parkinson, Huntington, epilepsia y migraña, entre otras) (12,13). Este desequilibrio, junto con el grado del proceso inflamatorio, se encuentra limitado por el sistema de defensa antioxidante del cuerpo humano. En pacientes enfermos gravemente, tanto la actividad antioxidante como la concentración de nutrimentos y vitaminas en el suero decae significativamente y, en estas circunstancias, el consumo de antioxidantes y nutrientes antiinflamatorios puede ayudar a reducir el estrés oxidativo y mejorar la condición de los pacientes críticamente enfermos (14,15).

Los antioxidantes fenólicos pertenecen a un diverso grupo de micronutrientes presentes en las plantas y pueden actuar por diferentes mecanismos: la captura de electrones desapareados de los radicales libres, la interrupción de las reacciones en cadena de la oxidación, desactivan el oxígeno singlete, reducen el estrés nitrosativo, activan enzimas antioxidantes e inhiben enzimas oxidativas (16). Los antioxidantes de origen fenólico que provienen

de los alimentos tradicionales mexicanos contribuyen de manera positiva al estatus de salud y lo anterior depende tanto de las enfermedades que padezca el consumidor como de la edad y el sexo (17).

Los beneficios para la salud de las dietas ricas en compuestos antioxidantes son claros y están relacionados con el consumo de las comidas completas tradicionales y no solamente con la ingesta de suplementos antioxidantes (18). El objetivo del presente trabajo es el análisis de la capacidad antioxidante, determinada por los métodos de ORAC, ABTS, DPPH y FRAP, de una serie de diferentes bebidas y alimentos mexicanos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los reactivos utilizados para determinar la capacidad antioxidante se compraron de proveedores comerciales y se utilizaron sin purificación adicional. Las muestras se licuaron en un procesador de alimentos (Osterizer Galaxie 869-16 g) y se sometieron a un baño ultrasónico en un H&B-Luxuries Digital Ultrasonic Cleaner. Las distintas mezclas se centrifugaron en una HERMLE Labortechnik GmbH (Z326K) y la absorbancia se determinó en un lector de microplacas Biotek Powerwave XS.

SELECCIÓN DE ALIMENTOS

Los alimentos se seleccionaron de acuerdo con sus propiedades nutricionales; dicha información se obtuvo del Sistema Digital de Alimentos de México, recurso que proporciona datos detallados sobre la composición de las dietas comunes de la población mexicana (19). Se utilizaron frutas y verduras de calidad comercial según señales visuales de color y textura. Los métodos de preparación se muestran en la tabla suplementaria I (<https://www.nutricionhospitalaria.org/files/8953/ADMA1-05613-02.pdf>) de información suplementaria.

OBTENCIÓN DE EXTRACTOS HIDROALCOHÓLICOS

El proceso se inició con la trituration de la muestra en un procesador de alimentos; enseguida se pesaron 5 g de la muestra y se colocaron en 20 mL del medio de extracción (etanol 70 %, agua 29,5 % y ácido acético 0,5 %, pH = 4). La mezcla se agitó vigorosamente en vórtex durante un minuto, luego se colocó en un baño ultrasónico por 8 minutos y finalmente se procesó con otro minuto de agitación vigorosa; este proceso se realizó dos veces. Después, las muestras se centrifugaron por 15 minutos a 4000 rpm y a 22 ± 2 °C, y el sobrenadante se recuperó por filtración. Para las muestras líquidas se tomaron 20 mL de cada una y se llevaron directo a centrifugación durante 20 minutos a 4000 rpm y a 22 ± 2 °C. El sobrenadante se recuperó por filtración (20).

ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

Las concentraciones y el procedimiento utilizado en cada técnica se detallan en la información suplementaria (<https://www.nutricionhospitalaria.org/files/8953/ADMA1-05613-02.pdf>).

ENSAYO DE CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE RADICALES DE OXÍGENO (ORAC)

ORAC es un ensayo basado en el mecanismo de transferencia de átomos de hidrógeno (HAT) y mide la inhibición de la oxidación de la fluoresceína inducida por radicales peróxido. Los resultados se expresaron en micromoles equivalentes de trólox sobre gramo de muestra ($\mu\text{mol ET/g}$ de muestra) (20).

ENSAYO DE CAPACIDAD DE ATRAPAMIENTO DEL RADICAL LIBRE DPPH

El mecanismo de reacción del DPPH involucra tanto la transferencia de átomos de hidrógeno como la transferencia de un electrón simple (SET). Los resultados se expresaron en micromoles equivalentes de trólox sobre gramo de muestra ($\mu\text{mol ET/g}$ de muestra) (21).

ENSAYO DE CAPACIDAD DE ATRAPAMIENTO DEL RADICAL LIBRE ABTS

El ensayo del ABTS se basa en cuantificar la pérdida de color del catión radical $\text{ABTS}^{\bullet+}$ mediante la SET. Como referencia se utilizó el ácido ascórbico y los resultados se expresaron en miligramos equivalentes de ácido ascórbico por gramo de muestra (mg EAA/g de muestra) (21).

ENSAYO DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE REDUCTORA DEL IÓN FÉRRICO (FRAP)

El método FRAP mide la capacidad de un antioxidante para reducir el ion férrico al ion ferroso ($\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$) en medio ácido y se basa en un mecanismo de transferencia de electrón simple (SET). Como referencia se utilizó el ácido ascórbico y los resultados se expresaron en miligramos equivalentes de ácido ascórbico por gramo de muestra (mg EAA/g de muestra) (22).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las muestras se analizaron por triplicado y los resultados se expresaron como media $\pm$ desviación estándar (DE). Los datos se evaluaron mediante ANOVA de una vía con un $\alpha = 0,05$, utilizando Rstudio (versión 4.1.4). Además, se aplicó la prueba HSD de Tukey (*honestly-significant-difference*). Un valor p inferior a 0,05 se consideró estadísticamente significativo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados referentes a la actividad antioxidante de las bebidas y alimentos cocinados se presentan en las tablas I y II. El mecanismo antioxidante de una sustancia depende tanto de la naturaleza del radical como del impedimento estérico y las condiciones de la reacción, es decir, la capacidad antioxidante es la respuesta de la fuente de radicales utilizada al interactuar con la variabilidad de los compuestos antioxidantes (21). Por ello se recomienda el uso de radicales relevantes para el organismo dentro del análisis de alimentos. Las especies reactivas de oxígeno están presentes en el cuerpo humano, siendo el radical peróxido el más común y el mismo que utiliza el método ORAC. Existen otros radicales que, aunque ajenos a la biología, permiten medir la capacidad reductora de una muestra por donación de electrones (DPPH, ABTS y FRAP) o átomos de hidrógeno (DPPH).

La capacidad antioxidante de los diferentes licuados, tés y cafés se determinó por el método ORAC, con resultados entre 0,27 y 24,73 $\mu\text{mol ET/g}$. La combinación de mayor actividad fue la de manzana verde, apio, jengibre, cilantro y limón, seguida de la de guayaba, fresa, limón y avena. En esta última, el cambio de la naranja por el limón incrementó los valores desde 2,05 hasta 15,71 $\mu\text{mol ET/g}$. Aunque el jugo de naranja tiene mayor cantidad de vitamina C y flavonoides y mayor capacidad antioxidante total que el jugo de limón, el efecto observado se puede relacionar con el proceso de oxidación de la mezcla. Dicho proceso

se puede lentificar con el aumento de la acidez del limón, ya que se inactivan las enzimas polifenol-oxidasas responsables del oscurecimiento enzimático de las frutas (23). Por otro lado, en la cocina tradicional mexicana se utilizan mucho las hojas de cilantro, el apio y el jengibre en licuados, ensaladas, salsas, sopas y moles, tratándose de alimentos reconocidos por su importante actividad antioxidante (24). Además, tanto las bebidas de café (16,15-22,09 $\mu\text{mol ET/g}$) como el té de hoja de guayabo (12,14 $\mu\text{mol ET/g}$) presentaron el mayor efecto contra los radicales peróxido, lo que coincide con lo encontrado en otras investigaciones (1,25).

Se analizó la capacidad antioxidante por diferentes métodos de una selección de 50 alimentos cocinados. Los resultados mostraron rangos variables: ORAC: 0,3-109,40 $\mu\text{mol ET/g}$, ABTS: 21-341,9 mg EAA/g, DPPH: 0-296,8 $\mu\text{mol ET/g}$ y FRAP: 11,2-297,8 mg EAA/g. Durante la preparación, el uso de especias es común; si bien es difícil estimar las cantidades consumidas, estas se consideran ingredientes importantes en recetas y formulaciones. Las especies aportan distintos tipos de antioxidantes a la dieta, principalmente derivados del ácido fenólico o cinámico (1,26). Además, se ha comprobado la capacidad de neutralizar radicales por el método ORAC en especias secas como ajo, pimienta, chile, cúrcuma, orégano, jengibre y canela, entre otros. Dicha capacidad se relaciona con la presencia de sustancias antioxidantes como el ácido rosmarínico del orégano, el eugenol, timol y alcohol bencílico del clavo, y las proantocianidinas y compuestos fenólicos de la canela (1,26,27).

Tabla I. Actividad antioxidante de bebidas tradicionales

Licuados con agua	ORAC $\mu\text{mol ET/ml}$	Cafés y tés	ORAC $\mu\text{mol ET/mL}$
Manzana verde, apio, jengibre, cilantro, limón	24,73 $\pm$ 1,24	Café americano OXXO	22,09 $\pm$ 0,4
Guayaba, fresa, limón, avena	15,71 $\pm$ 0,42	Café capuchino OXXO	18,63 $\pm$ 0,8
Manzana verde, jengibre, canela, avena	10,67 $\pm$ 0,67	Café de olla casero	16,53 $\pm$ 0,2
Piña, nopal, perejil, apio, naranja, avena	9,84 $\pm$ 1,1	Café americano Starbucks	16,15 $\pm$ 0,84
Manzana verde, pepino, espinacas, perejil, limón	9,18 $\pm$ 1,8	Té de hojas de guayabo	12,14 $\pm$ 0,32
Jugo de zanahoria	9,08 $\pm$ 0,28	Té verde	7,92 $\pm$ 0,33
Jugo de Naranja	9,02 $\pm$ 0,14	Té de menta	7,20 $\pm$ 0,25
Chía, aloe vera, naranja, pepino, guayaba	7,09 $\pm$ 0,22	Té verde con mango	5,32 $\pm$ 0,06
Limón, perejil, avena	5,79 $\pm$ 0,7	Matcha Starbucks	4,95 $\pm$ 0,12
Manzana verde, zanahoria, espinacas, limón	5,54 $\pm$ 0,23	Té de limón	2,43 $\pm$ 0,06
Arándano, fresa, avena, canela	5,45 $\pm$ 0,09	Té de hierbabuena	2,36 $\pm$ 0,07
Zanahoria, naranja, jengibre, avena	4,38 $\pm$ 0,15	Té verde con canela y manzana	2,30 $\pm$ 0,04
Manzana verde, piña, naranja, chia	4,24 $\pm$ 0,45	Té de abango	2,29 $\pm$ 0,03
Manzana verde, papaya, pepino, jengibre, canela	3,87 $\pm$ 0,34	Té de bugambilia morada	0,87 $\pm$ 0,01
Guayaba, zanahoria, piña, naranja	3,79 $\pm$ 0,01	Té de aniz	0,27 $\pm$ 0,06
Zanahoria, espinaca, apio, pepino	3,56 $\pm$ 0,05		
Manzana roja, papaya, avena, canela	3,12 $\pm$ 0,15		
Chía, Aloe vera, naranja, pepino, canela	2,83 $\pm$ 0,18		
Manzana verde, aloe vera, pepino, espinacas, cilantro, limón	2,30 $\pm$ 0,08		
Manzana roja, platano, avena, canela	2,32 $\pm$ 0,07		
Guayaba, fresa, naranja, avena	2,05 $\pm$ 0,04		

Tabla II. Actividad antioxidante de alimentos tradicionales de origen mexicano por el método de ORAC, ABTS, DPPH y FRAP

Alimentos cocinados	ORAC μmol ET/g	ABTS mg EAA/g	DPPH μmol ET/g	FRAP mg EAA/ g
Atún a la plancha	109,40 ± 2,04	263,65 ± 16,73	214,10 ± 14,73	293,19 ± 6,86
Pollo en salsa verde	88,87 ± 7,98	98,75 ± 7,87	150,77 ± 13,87	122,08 ± 6,38
Pimiento con cebolla	88,87 ± 4,51	225,62 ± 28,32	281,43 ± 2,08	163,45 ± 13,15
Frijoles refritos naturales	78,93 ± 2,6	163,66 ± 1,97	211,43 ± 5,77	90,17 ± 6,14
Queso panela light	74,3 ± 6,48	226,60 ± 2,95	NP	45,29 ± 4,82
Pollo con espinacas	65,29 ± 4,17	169,89 ± 4,43	105,77 ± 8,50	81,05 ± 2,63
Nopales guisados	64,75 ± 4,10	297,61 ± 22,34	NP	171,28 ± 2,09
Mole rojo (MIC)	62,77 ± 5,29	180,38 ± 2,95	237,10 ± 7,00	145,57 ± 11,76
Albóndigas de res	61,84 ± 3,0	73,83 ± 8,87	155,10 ± 15,10	84,91 ± 2,13
Huitlacoche guisado	59,38 ± 4,30	341,87 ± 31,52	291,65 ± 12,49	238,87 ± 4,49
Pollo frito	52,97 ± 1,5	158,25 ± 1,50	74,60 ± 5	91,05 ± 3,64
Caldo de pollo	52,83 ± 4,17	48,59 ± 4,92	40,43 ± 3,51	59,14 ± 3,08
Rajas con crema y elote	51,91 ± 7,16	169,89 ± 2,05	183,10 ± 8,72	134,53 ± 3,04
Aguachile de chayote	51,11 ± 4,23	44,98 ± 10,33	186,10 ± 10,82	63,52 ± 1,09
Tinga de pollo	50,45 ± 1,5	109,89 ± 3,16	77,77 ± 10,02	101,21 ± 4,77
Tilapia al mojo de ajo	36,01 ± 2,28	85,63 ± 3,72	77,10 ± 9,00	58,44 ± 4,31
Picadillo	30,67 ± 0,64	113,17 ± 10,88	136,43 ± 1,53	189,75 ± 7,39
Avena cocida	29,12 ± 3,11	54,68 ± 2,21	4,69 ± 0,14	11,15 ± 0,46
Ceviche de soya	29,08 ± 1,26	128,25 ± 10,95	256,77 ± 10,50	106,47 ± 7,39
Coctel de camarón	28,23 ± 6,10	21,05 ± 4,92	130,77 ± 10	53,70 ± 4,31
Ensalada de atún	24,47 ± 3,02	84,65 ± 5,42	31,10 ± 3,61	121,55 ± 3,97
Sope de pollo	24,34 ± 0,83	147,59 ± 3,45	239,43 ± 23,69	113,31 ± 6,32
Frijoles bayos refritos	23,92 ± 1,11	168,25 ± 13,64	292,10 ± 2,65	132,60 ± 7,29
Carne con puré de tomate	22,78 ± 0,08	162,68 ± 4,65	185,60 ± 7,77	153,81 ± 13,62
Lentejas cocidas	21,63 ± 2,28	200,38 ± 2,48	128,77 ± 2,08	183,79 ± 16,78
Chicharrón de pescado	21,3 ± 1,65	229,55 ± 10,82	181,43 ± 9,45	297,75 ± 16,33
Enchilada roja	21,14 ± 0,72	180,71 ± 7,95	182,43 ± 7,77	113,31 ± 9,77
Guacamole	21,03 ± 2,41	34,52 ± 0,65	12,44 ± 0,76	22,28 ± 0,86
Ensalada de pollo	20,28 ± 1,68	59,73 ± 4,09	47,10 ± 5,00	100,16 ± 4,97
Menudo	20,23 ± 0,57	30,88 ± 4,29	12,43 ± 2,08	35,47 ± 6,28
Enchilada suiza	20,19 ± 0,44	146,94 ± 15,46	147,10 ± 11,53	88,24 ± 6,14
Salsa roja picante	20,0 ± 2,77	53,47 ± 9,10	17,55 ± 11,82	39,04 ± 0,66
Carne a la mexicana	19,41 ± 0,28	124,32 ± 3,93	105,10 ± 2,00	132,77 ± 4,02
Tostada de pollo	17,49 ± 1,04	225,62 ± 5,93	163,60 ± 5,69	174,32 ± 2,37
Salsa roja no picante	17,47 ± 2,51	33,87 ± 2,85	43,28 ± 3,27	21,58 ± 0,47
Frijoles negros refritos	17,45 ± 0,95	177,43 ± 9,84	296,77 ± 4,73	165,38 ± 0,30
Pozole	17,4 ± 0,14	41,70 ± 0,98	252,43 ± 5,69	93,32 ± 3,42
Frijoles claros	17,01 ± 2,96	220,38 ± 17,21	240,10 ± 7,94	97,53 ± 2,65
Consomé de camarón	16,13 ± 1,55	157,10 ± 7,38	83,77 ± 12,58	68,25 ± 1,69
Ceviche de cueritos	16,04 ± 0,14	85,63 ± 18,25	10,10 ± 2,00	29,51 ± 1,39
Marlín en escabeche	15,58 ± 4,43	112,52 ± 8,85	174,77 ± 8,33	118,75 ± 3,50

(Continúa en página siguiente)

Tabla II (cont.). Actividad antioxidante de alimentos tradicionales de origen mexicano por el método de ORAC, ABTS, DPPH y FRAP

Alimentos cocinados	ORAC μmol ET/g	ABTS mg EAA/g	DPPH μmol ET/g	FRAP mg EAA/ g
Ensalada mexicana	14,26 ± 2,92	27,28 ± 3,45	73,10 ± 4,58	58,08 ± 1,69
Ceviche de camarón	13,71 ± 0,55	26,62 ± 15,28	234,77 ± 2,89	155,74 ± 8,69
Tamal dorado de pollo	12,83 ± 3,06	147,59 ± 1,50	109,10 ± 4,00	146,45 ± 7,06
Tortilla de maíz	12,51 ± 1,66	245,95 ± 4,54	69,77 ± 11,50	144,52 ± 11,59
Huitlacoche con huevo	12,19 ± 1,50	61,83 ± 5,17	78,55 ± 1,00	45,26 ± 0,26
Ceviche de pescado	9,76 ± 1,19	24,98 ± 4,09	NE	77,55 ± 2,19
Tamal s/dorar de pollo	9,54 ± 0,83	140,05 ± 4,29	148,10 ± 12,50	111,56 ± 3,28
Papas fritas	8,18 ± 1,21	213,82 ± 23,61	170,10 ± 11,93	116,47 ± 2,19
Arroz rojo	6,11 ± 1,10	29,37 ± 2,96	173,13 ± 14,50	26,15 ± 2,59

NE: no evaluado; NP: no presentó; MIC: mole instantáneo comercial listo para servir (Doña María®).

Los extractos de mayor capacidad antioxidante en los distintos métodos fueron aquellos obtenidos del atún a la plancha, el pimiento con cebolla, el mole rojo (MIC), el huitlacoche guisado, los frijoles negros refritos y las rajas con crema y elote. En ORAC se ubican en un rango de 17-110 μmol ET/g, en ABTS: 169-342 mg EAA/g, en DPPH: 180-297 μmol ET/g y en FRAP: 130-298 mg EAA/g. Se observó que el extracto de atún a la plancha fue el alimento con el valor más alto en ORAC y presentó valores superiores a 200 en los métodos ABTS, DPPH y FRAP (Tabla II). Lo anterior es atribuido a la mezcla de compuestos de ingredientes como el aceite de oliva y la pimienta, además del contenido de vitamina E, enzimas, péptidos y aminoácidos con actividad antioxidante en el músculo del atún, así como las melanoidinas formadas en la superficie del filete de atún, producto de la reacción de Maillard (5,28).

Las frutas y los vegetales cocinados aportan a la dieta importantes cantidades de vitamina C y compuestos fenólicos. Se han reportado para aguacate, chile, nopal y tomate mexicano valores mayores a 220 mg de vitamina C por gramo de porción comestible en crudo (29,30). Las ensaladas y salsas evaluadas en este trabajo mostraron valores de 13-52 μmol ET/g en ORAC; ABTS: 26-86 mg EAA/g, DPPH: 10-234 μmol ET/g y FRAP: 21-156 mg EAA/g, destacándose los extractos obtenidos del aguachile de chayote, el ceviche de soya y el ceviche de camarón. Estas preparaciones contienen ingredientes como manzana verde, cilantro, jitomate, cebolla, pimienta y limón, que aportan cantidades importantes de antioxidantes. La sustitución del camarón por soya favorece la actividad frente a los radicales peroxilo, ABTS y DPPH, esto puede relacionarse con la presencia de polifenoles en la soya, como isoflavonas, ácido cafeico y ácido ferúlico, capaces de donar tanto hidrógenos como electrones. Respecto a las salsas, se encontró que la adición de chile seco aumentó la capacidad antioxidante en ORAC, ABTS y FRAP.

El huitlacoche es un hongo de consumo tradicional en México que se caracteriza por su contenido de proteína, fibra, fenoles solubles, antocianinas, taninos y actividad antioxidante en crudo (31).

En el presente análisis, este alimento cocinado mostró una importante capacidad de neutralizar radicales, con el valor más alto en ABTS (341,87 mg EAA/g) y actividad reductora en DPPH y FRAP > 230. Se observó que, al incrementar los tiempos de cocción por la adición de huevo, se redujo la actividad antioxidante en todos los métodos evaluados. El procesamiento térmico se ha relacionado con cambios en los valores nutricionales y las propiedades antioxidantes de un alimento, ya que este puede modificar las estructuras moleculares de los compuestos en diferentes grados (32).

Los alimentos preparados con pollo, res y cerdo presentaron importante actividad antioxidante por los diferentes métodos evaluados. Los tejidos animales almacenan la vitamina A en forma de ésteres de ácidos, un potente antioxidante presente en concentraciones más altas en hígado, riñón y leche. Además, la carne y la leche contienen hierro y selenio, minerales clave en el funcionamiento del sistema antioxidante enzimático (10,33,34). Se observó mayor actividad en aquellos platillos cuya preparación contenía distintas especias, vegetales, salsas verdes o rojas. Los extractos de mayor actividad frente a radicales peroxilo fueron a base de pollo, en salsa verde (88,87 μmol ET/g) y con espinacas (65,29 μmol ET/g), los cuales mostraron valores entre 80 y 170 en el resto de métodos. Esta actividad se relaciona con ingredientes como el tomate verde, el cilantro, la pimienta, el orégano y el ajo, que han demostrado propiedades antioxidantes por separado (35,36). En cambio, aquellas preparaciones cárnicas sin vegetales y con tiempos de cocción superiores a las 3 h (menudo y pozole) mostraron menor capacidad de neutralizar radicales.

En adición, la capacidad antioxidante total de la leche y los productos lácteos se ha atribuido a la presencia de péptidos bioactivos, carotenoides, tocoferoles, ascorbato, urato y enzimas como la glutatión-peroxidasa, que previenen la peroxidación lipídica y con ello favorecen la calidad y mantenimiento de la leche. Revilla y cols., en 2015, comprobaron la actividad antioxidante de distintas muestras de queso y encontraron una rela-

ción positiva con el contenido total de antioxidantes, así como de proteínas, grasa, minerales y retinol. Además, dicha actividad se correlacionó con la temporada de fabricación y el tiempo de maduración, pero no con la especie animal (37). El queso panela es uno de los tres quesos más consumidos en México; es fresco y no fermentado. En el estudio de López-Villafañe y cols., (2023) tanto el queso panela de cabra como el de vaca presentaron capacidad de neutralizar el radical DPPH (38). En la presente investigación, el queso panela mostró actividad frente a los radicales peróxido (74,3 $\mu\text{mol ET/g}$) y capacidad de neutralizar el ABTS (226,6 mg EAA/g) y reducir el ion férrico FRAP (45,29 mg EAA/g). Este comportamiento indica que la mezcla favorece tanto la donación de átomos de hidrógeno como de electrones para estabilizar los radicales.

Por otra parte, se determinó la capacidad antioxidante ORAC de cinco moles: uno instantáneo comercial (MIC) listo para servir (Doña María®), dos crudos en pasta pipián (MP) y rojo (MR), que se utilizaron para cocinar mole pipián (MPC) y mole rojo (MRC), respectivamente (Fig. 1). En la preparación de los moles se integran nueces, cacahuates y diversas semillas (pimienta, ajonjolí, cacao, entre otras) que presentan actividad antioxidante (1,34,39). Muchas de estas semillas, pimientos y otros ingredientes como tortillas y pan se tuestan o doran, siendo esto lo que puede aumentar su actividad antioxidante debido a la reacción de Maillard que sucede en estos procesos térmicos (5). Además, en los moles se utiliza como base la mezcla de varios tipos de chiles (*Capsicum spp*) que presentan actividad antioxidante, tanto en crudo como después de deshidratarse. Campos-Montiel y cols. (2022) reportaron las propiedades nutricionales y nutracéuticas de diversos moles de la comida tradicional mexicana, y en este estudio se encontró un mayor contenido de compuestos fenólicos en los moles rojos que en los verdes, lo cual se atribuye al uso de mezclas de chiles rojos secos en lugar de chile jalapeño fresco (40). Estas frutas aportan a la dieta vitamina C, ácidos grasos *n*-3, hierro y selenio, sustancias reconocidas por su papel en los mecanismos antioxidantes (39). Los extractos con mayor capacidad de reaccionar frente a los radicales peróxido fueron las pastas, con valores superiores a los 120 $\mu\text{mol ET/g}$. El resto de

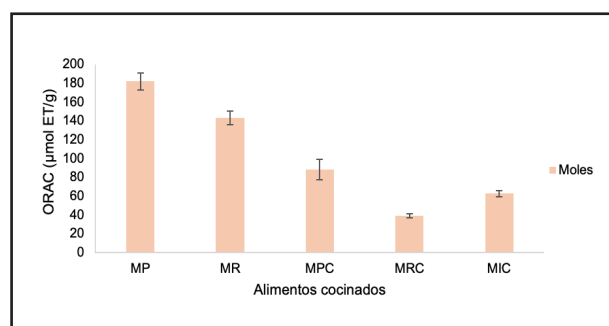


Figura 1.

Capacidad antioxidante por el método de ORAC de la pasta para mole pipián (MP) y pasta para mole rojo (MR), mole pipián cocinado (MPC), mole rojo cocinado (MRC) y mole instantáneo comercial (MIC) listo para servir (Doña María®).

formulaciones mostraron valores inferiores a 100 $\mu\text{mol ET/g}$, lo cual puede relacionarse con el procesamiento térmico.

Es importante resaltar que la presente investigación aporta información sobre las propiedades antioxidantes y, por tanto, se requieren más estudios para conocer la composición de las muestras y así ofrecer formulaciones que cumplan con una nutrición balanceada.

CONCLUSIONES

La actividad antioxidante de un alimento o bebida tradicional será el resultado de la actividad antioxidante de cada uno de sus ingredientes, así como del tipo de cocción. Todos los alimentos analizados en este estudio presentaron actividad antioxidante en los distintos métodos, la misma que se relacionó con el uso de aceites y especias, así como con la preparación y el tipo de ingredientes. Los alimentos cocinados mostraron mayor CAT que las bebidas, resaltando los moles y aquellos a base de salsas rojas o verdes. Cabe mencionar que, a pesar de la percepción generalizada de la dieta tradicional mexicana como alta en carbohidratos y grasas, la presente investigación muestra que la dieta mexicana tiene una importante actividad antioxidante al combinar diversos platillos y bebidas ricas en ingredientes naturales, alimentos que son agradables organolépticamente, funcionales, con un gran contenido de polifenoles, que benefician la salud y son de fácil acceso para la población en general.

BIBLIOGRAFÍA

- Wu X, Beecher GR, Holden JM, Haytowitz DB, Gebhardt SE, Prior RL. Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. *J Agric Food Chem* 2004;52(12):4026-37. DOI: 10.1021/jf049696w
- Daneshmand E, Tehrani H, Bellissimo N, Azadbakht L. Dietary total antioxidant capacity and gestational diabetes mellitus: a case-control study. *Oxid Med Cell Longev* 2020;(1):5471316. DOI: 10.1155/2020/5471316
- Abbasalizad Farhangi M, Vajdi M. Dietary total antioxidant capacity (TAC) significantly reduces the risk of site-specific cancers: an updated systematic review and meta-analysis. *Nutrition Cancer* 2021;73(5):721-39. DOI: 10.1080/01635581.2020.1771385
- Matthes A, Schmitz-Eiberger M. Polyphenol content and antioxidant capacity of apple fruit: effect of cultivar and storage conditions. *JABFQ* 2012;82(2):152-7.
- Alves G, Xavier P, Limoeiro R, Perrone D. Contribution of melanoidins from heat-processed foods to the phenolic compound intake and antioxidant capacity of the Brazilian diet. *JFST* 2020;57:3119-31. DOI: 10.1007/s13197-020-04346-0
- El Frakchi N, El Kinany K, El Baldi M, Saoud Y, El Rhazi K. Dietary total antioxidant capacity of Moroccan Type 2 Diabetes Mellitus patients. *Plos one* 2024;19(4):e0301805. DOI: 10.1371/journal.pone.0301805
- Chen X, Guo C, Kong J. Oxidative stress in neurodegenerative diseases. *Neural Regen Res* 2012;7(5):376-85. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5374.2012.05.009
- Bouayed J, Bohn T. Exogenous antioxidants—Double-edged swords in cellular redox state: Health beneficial effects at physiologic doses versus deleterious effects at high doses. *Oxid Med Cell Longev* 2010;3(4):228-37. DOI: 10.4161/oxim.3.4.12858
- Martemucci G, Costagliola C, Mariano M, D'andrea L, Napolitano P, D'Alessandro AG. Free Radical Properties, Source and Targets, Antioxidant Consumption and Health. *Oxygen* 2022;2:48-78. DOI: 10.3390/oxygen2020006
- Luo M, Zhou L, Huang Z, Li B, Nice EC, Xu J, Huang C. Antioxidant therapy in cancer: rationale and progress. *Antioxidants* 2022;11(6):1128. DOI: 10.3390/antiox11061128

11. Saha SK, Lee SB, Won J, Choi HY, Kim K, Yang G-M, et al. Correlation between Oxidative Stress, Nutrition, and Cancer Initiation. *IJMS* 2017;18(7):1544. DOI: 10.3390/ijms18071544
12. Shukla V, Mishra SK, Pant HC. Oxidative stress in neurodegeneration. *Adv pharmacol pharm sci* 2011;(1):572634. DOI: 10.1155/2011/572634
13. Yang H, Jin X, Kei Lam CW, Yan SK. Oxidative stress and diabetes mellitus. *CCLM* 2011;49(11):1773-82. DOI: 10.1515/cclm.2011.250
14. Andresen M, Regueira T, Leighton F. Estrés oxidativo en el paciente crítico. *Rev Med Chile* 2006;134(5):649-56. DOI: 10.4067/S0034-98872006000500015
15. Garnica Escamilla MA, Hernández Peña R, Sánchez Zúñiga MDJ, Tamez Coyotzin EA, Vázquez Guerra LI, Garza Carrión JA, et al. La vitamina C, implicaciones terapéuticas en el paciente con quemaduras graves. *Rev Asoc Mex Med Crit* 2023;37(2):134-40. DOI: 10.35366/110449
16. Hasler CM. Functional foods: benefits, concerns and challenges—a position paper from the American Council on Science and Health. *J Nutr* 2002;132(12):3772-81. DOI: 10.1093/jn/132.12.3772
17. Alatorre-Cruz JM, Carreño-López R, Alatorre-Cruz GC, Paredes-Esquivel LJ, Santiago-Saenz YO, Nieva-Vázquez A. Traditional Mexican Food: Phenolic Content and Public Health Relationship. *Foods* 2023;2(6):1233. DOI: 10.3390/foods12061233
18. Barrita JLS, Benavides SM, Sánchez S. Antioxidants and natural compounds in Mexican foods. In *Basic Principles and Clinical Significance of Oxidative Stress*. Intech 2015. DOI: 10.5772/61626
19. Nutrimind. Sistema Digital de Alimentos en México (10 octubre de 2024). Tomado de <https://www.sistemadigitaldealimentos.org>
20. Greenfield H, Southgate DAT. Food Composition Data: Production, Management and Use. Food and Agricultural Organization: Rome; 2003.
21. Prior RL, Wu X, Schaich K. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *J. Agric. Food Chem.* 2005;53:4290–4302. DOI: 10.1021/jf0502698.
22. Macías-Hernández CE, Romero-Chávez MM, Mojica-Sánchez JP, Pineda-Urbina K, Martínez SMT, Jiménez-Ruiz EI, et al. Synthesis and characterization of new monothiooxalamides containing pyridine nuclei with promising antiproliferative and antioxidant activity. *J Mol Struct* 2022;1265:133360. DOI: 10.1016/j.molstruc.2022.133360
23. Vinson JA, Liang X, Proch J, Hontz BA, Dancel J, Sandone N. Polyphenol antioxidants in citrus juices: *in vitro* and *in vivo* studies relevant to heart disease. *Adv Exp Med Biol* 2002;505:113-22. DOI: 10.1007/978-1-4757-5235-9_10
24. Ergün F. Determination of bioactive chemicals and antioxidant capacity in different plant parts of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *JAPS* 2022;32(2):532-7. DOI: 10.36899/JAPS.2022.2.0451
25. Rautenbach F, Venter I. Hydrophilic and lipophilic antioxidant capacity of commonly consumed South African fruits, vegetables, grains, legumes, fats/oils and beverages. *J Food Compos Anal* 2010;23(7):753-61. DOI: 10.1016/j.jfca.2010.03.018
26. Aggarwal BB, Ahmad N, Mukhtar H. Spices as potent antioxidants with therapeutic potential. *Oxidative Stress Dis* 2002;8(Handbook of Antioxidants):437-72.
27. Matsuura H, Chiji H, Asakawa C, Amano M, Yoshihara T, Mizutani J. DPPH radical scavengers from dried leaves of oregano (*Origanum Vulgare*). *Biosci, Biotechnol, Biochem* 2003;47:2311-6. DOI: 10.1271/bbb.67.2311
28. Hinneburg I, Dorman DHJ, Hiltunen R. Antioxidant activities of ex-tracts from selected culinary herbs and spices. *Food Chem* 2006;97:122-9. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.03.028
29. Conde-Hernández LA, Ibarra-Cantún D, Luna-Vital D, Luna-Guevara JJ, Luna-Guevara ML. Functional properties of bioactive compounds contained in vegetables commonly consumed in Mexico. *Studies in Natural Products Chemistry* 2023;79:241-88. DOI: 10.1016/B978-0-443-18961-6.00016-0
30. Gómez-Maqueo A, Escobedo-Avellanea Z, Welti-Chanes J. Phenolic compounds in mesoamerican fruits—Characterization, health potential and processing with innovative technologies. *Int J Mol Sci* 2020;21:8357. DOI: 10.3390/ijms21218357
31. Beas RF, Loarca PG, Guzmán MSH, Rodríguez MG, Vasco MNL, Guevara LF. Nutraceutical potential of bioactive components present in huitlacoche from the central zone of Mexico. *Rev Mex Cienc Farm* 2011; 42:36-44.
32. Chao Z, Yuan L, Shanshan L, Hui C, Yi G, Wai San C, et al. Effects of domestic cooking process on the chemical and biological properties of dietary phytochemicals. *Trends Food Sci Technol* 2019;85:55-66. DOI: 10.1016/j.tifs.2019.01.004
33. Clausen MR, Connolly C, Skibsted LH, Stagsted J. Oxidative stability of bovine milk determined by individual variability in herd irrespective of selenium status. *Int Dairy J* 2010;20:507-13. DOI: 10.1016/j.idairyj.2010.02.010
34. Alvarez-Parrilla E, Mercado-Mercado G, La Rosa LAD, Díaz JAL, Wall-Medrano A, González-Aguilar GA. Antioxidant activity and prevention of pork meat lipid oxidation using traditional Mexican condiments (pasilla dry pepper, achiote, and mole sauce). *Food Sci Technol* 2014;34(2). DOI: 10.1590/fst.2014.0052
35. Shenstone E, Lippman Z, Van Eck J. A review of nutritional properties and health benefits of *Physalis* species. *Plant Foods Hum Nutr* 2020;75:316-25. DOI: 10.1007/s11130-020-00821-3
36. Gülçin I. The antioxidant and radical scavenging activities of black pepper (*Piper nigrum*) seeds. *Int J Food Sci Nutr* 2005;56(7):491-9. DOI: 10.1080/09637480500450248
37. Revilla I, González-Martín MI, Vivar-Quintana AM, Blanco-López MA, Lobos-Ortega IA, Hernández-Hierro JM. Antioxidant capacity of different cheeses: Affecting factors and prediction by near infrared spectroscopy. *JDS* 2016;99(7):5074-82. DOI: 10.3168/jds.2015-10564
38. López-Villafañá BP, Rojas-González S, Elías-Román RD, Rodríguez-Hernández G. The evolution of antioxidative properties of protein-derived peptides of Mexican Panela goat and cow milk cheese during its shelf life. *CyTA J Food* 2023;21(1):57-63. DOI: 10.1080/19476337.2022.2152100
39. Carvalho AV, de Andrade MR, de Oliveira RA, de Almeida MR, Moresco KS, de Souza Oliveira TC. Bioactive compounds and antioxidant activity of pepper (*Capsicum* sp.) genotypes. *J Food Sci Technol* 2015;52:7457-64. DOI: 10.1007/s13197-015-1833-0
40. Campos-Montiel R, Medina-Pérez G, Vázquez-Núñez E, Afanador-Barajas L, Hernández-Soto I, Ahmad Nayik G, et al. Nutritional and Nutraceutical Properties of Mexican Traditional Mole Sauce. *Molecules* 2022;27(3):966. DOI: 10.3390/molecules27030966