

INVESTIGACIÓN

Composición química y calidad de la grasa contenida en frituras de maíz elaboradas y consumidas en Navojoa, estado de Sonora, México

DOI: 10.17533/udea.penh.v21n1a02

PERSPECTIVAS EN NUTRICIÓN HUMANA

ISSN 0124-4108

Escuela de Nutrición y Dietética, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

Vol. 21, N.º 1, enero-junio de 2019, pp. 17-26.

Artículo recibido: 26 de marzo de 2019

Aprobado: 17 de julio de 2019

María Ernestina Santana-Alcántar^{1*}; Miriam Mendivil-Morales²; Lucía Irene Félix-Ibarra³;
Mónica Ramírez-Murillo⁴; Carmen Alejandra Cruz-Rosales⁵

Resumen

Antecedentes: el consumo de frituras en México es alto, aunque las grasas se asocian con enfermedades crónicas no transmisibles. **Objetivo:** evaluar la composición química y calidad de la grasa obtenida de churros fritos de maíz elaborados y consumidos en Navojoa, estado de Sonora, México. **Materiales y métodos:** a cuatro muestras obtenidas en establecimientos comerciales se les realizó análisis químico proximal y determinación de índices de calidad de la grasa (acidez, peróxidos, yodo y anisidina), según normas mexicanas. **Resultados:** el aporte nutricional de las muestras estuvo en los siguientes rangos expresados en g %: grasas ($23,7 \pm 0,2$ y $35,2 \pm 1,0$ g %), proteínas ($2,5 \pm 0,0$ y $8,1 \pm 1,4$ g %), carbohidratos ($54,1 \pm 0,3$ y $64,40 \pm 0,5$ g %) y energía (485 ± 3 y 531 ± 1 kcal %) con diferencias entre ellas ($p < 0,05$). El mayor contenido de grasa y energía lo presentó B2 y el mejor perfil nutricional B4. La muestra B1 superó los límites máximos permitidos de acidez (4,8) y de peroxidación (10,6) con diferencias respecto a las otras muestras ($p < 0,05$). **Conclusiones:** la densidad energética de los churros de maíz analizados es alta (superior a 4 kcal/g) al igual que el aporte de grasas, especialmente en la muestra B2. B4 presenta el mejor perfil nutricional y B1 el mayor deterioro oxidativo.

Palabras clave: grasa alimentaria, oxidación química, peróxidos lipídicos, *snacks*, México.

1* Autor de correspondencia. Magíster en Ciencias. Químico. Universidad Estatal de Sonora. Navojoa, México. esantanaa@hotmail.com

2 Magíster en Nutrición Clínica. Químico biólogo. Universidad Estatal de Sonora. Navojoa, México. menmma@hotmail.com

3 Magíster en Nutrición Clínica. Licenciada en Nutrición. Universidad Estatal de Sonora. Navojoa, México. luciafexib@gmail.com

4 Magíster en Ciencias. Químico biólogo. Universidad Estatal de Sonora. Navojoa, México. monicaramirezmurillo@hotmail.com

5 Licenciada en Nutrición Humana. Universidad Estatal de Sonora. Navojoa, México. alejandra7_6@hotmail.com

Cómo citar este artículo: Santana-Alcántar ME, Mendivil-Morales M, Félix-Ibarra LI, Ramírez-Murillo M, Cruz-Rosales CA. Composición química y calidad de la grasa contenida en frituras de maíz elaboradas y consumidas en Navojoa, estado de Sonora, México. *Perspect Nutr Humana*. 2019;21:17-26. DOI: 10.17533/udea.penh.v21n1a02



Chemical Composition and Fat Quality in Fried Foods Made with Corn that Are Prepared and Consumed in Navojoa, State of Sonora, Mexico

Abstract

Background: Consumption of fried foods in Mexico is high, even though fats in fried foods are associated with non-communicable chronic diseases. **Objective:** Evaluate the chemical composition and fat quality obtained from fried corn churros prepared and consumed in Navojoa, state of Sonora, Mexico. **Materials and Methods:** Four samples obtained from commercial establishments were subjected to proximal chemical analysis and determination of fat quality indices (acidity, alkalinity, iodine and anisidine), according to Mexican standards. **Results:** The nutritional breakdown of the samples is shown in the following ranges, expressed as grams % (g %): fats (23.7 ± 0.2 and 35.2 ± 1.0 g %), proteins (2.5 ± 0.0 and 8.1 ± 1.4 g %), carbohydrates (54.1 ± 0.3 and 64.4 ± 0.5 g %), and energy (kcal) (485 ± 3 and 531 ± 1) with significant differences between samples ($p < 0.05$). The highest fat and energy content was presented by sample B2 and the best nutritional profile by sample B4. Sample B1 exceeded the maximum limits of acidity (4.8) and alkalinity (10.6) with a significant inter-sample difference ($p < 0.05$). **Conclusion:** The energy density of the sampled fried corn churros is high (above 4 kcal/gram), as well as the fat content, especially in sample B2. Sample B4 presents the best nutrition profile and sample B1 the greatest oxidative deterioration.

Keywords: Dietary fat, chemical oxidation, lipid peroxides, snacks, México.

INTRODUCCIÓN

El estilo de vida actual y el ambiente sociocultural ponen en riesgo de padecer diversas alteraciones orgánicas a la población, por la adquisición de inadecuados patrones de alimentación perjudiciales para la salud, entre los cuales se cuentan el consumo de alimentos de alta densidad energética y el bajo valor nutricional (1). Dentro de estos alimentos se encuentran las frituras, *snacks* de alta demanda y que proporcionan elevadas cantidades de energía derivadas de la grasa y los carbohidratos que contienen. Aunado a esto, el empaque tiene una gran influencia sobre la estabilidad de la grasa contenida y por ende puede afectar la calidad del producto. Factores como la luz, el calor y la calidad del aceite utilizado en el proceso de freído son determinantes para iniciar los procesos de oxidación responsables de su deterioro (2).

El proceso de elaboración de las frituras consiste en sumergir el alimento en aceite caliente, de 150 a 190 °C, lo que provoca la transferencia de temperatura, aceite y aire al alimento, que le otorgan

la calidad deseada a este tipo de elaboraciones. Sin embargo, en presencia de oxígeno, agua, radicales libres y oligoelementos, dicha elaboración produce reacciones como termooxidación, hidrólisis, polimerización, isomerización o ciclación, las cuales ocasionan la descomposición del aceite. En conjunto, estos procesos promueven la formación de nuevos compuestos oxidativos poliméricos primarios y secundarios que afectan la calidad del alimento (3).

De igual manera, el freído promueve la formación de compuestos volátiles, productos de hidrólisis, monómeros de triglicéridos oxidados, compuestos cíclicos, ácidos grasos de configuración trans; además de polímeros, derivados de esteroides, compuestos heterocíclicos que poseen nitrógeno y azufre, acrilamida, entre otros, los cuales están presentes tanto en el aceite para freír como en el alimento frito. Asimismo, estas reacciones están reguladas por diversos factores como el tipo de aceite, las condiciones del proceso de freído —tiempo, temperatura, freidora— y la composición del alimento (4,5).

El alto consumo de compuestos tóxicos formados durante la fritura puede causar efectos adversos sobre la salud, tales como irritación intestinal, incremento en el tamaño de algunos órganos, aterosclerosis, retardo en el crecimiento de niños y algunos tipos de cáncer (6). Diversos estudios *in vivo* muestran que hay una relación entre la ingesta de aceite de mala calidad y el nivel de estrés oxidativo, además puede afectar a las membranas mitocondrial y plasmática (7), aumentar el riesgo de diabetes tipo 2 y enfermedad coronaria arterial, las cuales están relacionadas con la hipertensión y la hipercolesterolemia (8). Además, el consumo frecuente de estos productos está asociado con los riesgos de diabetes gestacional (9), infarto del miocardio (10), cáncer de próstata (11), diarrea, pérdida de apetito, disminución y retraso en el crecimiento, así como disminución del valor de hematocrito, hepatomegalia y daños en hígado y riñón (12); también hay relación con la formación de compuestos mutagénicos y carcinogénicos (3,13).

En México, la Procuraduría Federal del Consumidor (Profeco) realiza el análisis de la composición química de productos alimenticios, entre ellos las frituras de marcas comerciales. En la ciudad de Navojoa no se han encontrado estudios semejantes de productos comercializados a baja escala. El objetivo del presente estudio fue evaluar la composición química y la calidad de la grasa obtenida de churros fritos de maíz, elaborados y consumidos en Navojoa, estado de Sonora, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención y preparación de las muestras

Se realizó un sondeo en la ciudad de Navojoa sobre la existencia de establecimientos productores de frituras a base de harina de maíz a pequeña

escala (churros); se encontraron cuatro establecimientos. De cada establecimiento se colectaron cinco bolsas de churros de maíz de 50 g cada una. Posteriormente, estas bolsas fueron llevadas al Laboratorio de Química de la Universidad Estatal de Sonora, donde se les asignó un código: B1, B2, B3, B4, para su identificación y posterior análisis. Una vez en el laboratorio, se procedió a la molienda de las muestras y a su homogenización, para la realización del análisis químico proximal y la extracción de la grasa.

Cabe mencionar que el empaque de las muestras era transparente y que el almacenamiento en los establecimientos oscilaba entre los 30-40 °C. Además, las muestras B1 y B3 fueron las únicas que indicaron la vida de anaquel del producto, la cual fue de 30 días para ambas.

Extracción de la grasa

La extracción se realizó con el método de Bligh y Dyer (14), el cual consistió en homogenizar por 2 minutos 10 g de muestra seca con 16 mL de agua destilada, 40 mL de metanol y 20 mL de cloroformo; posteriormente, se agregaron 20 mL de cloroformo y se homogenizó por 30 segundos; después se agregaron 20 mL de agua, homogenizando por 30 segundos. Enseguida, la muestra se centrifugó por 10 minutos a 2500 revoluciones y se extrajo la capa inferior de cloroformo, la cual se evaporó en un rotavapor a 60 °C. Finalmente, se completó el secado en estufa a 45 °C por dos horas. Una vez obtenida la grasa, se dispuso en frascos de vidrio ámbar y se almacenó en refrigeración para su posterior análisis.

Es importante mencionar que, de los cuatro establecimientos muestreados, solo dos tenían etiqueta con la información nutricional, por lo que fueron los únicos que se pudieron contrastar con los resultados obtenidos en este estudio.

Análisis químico proximal y contenido calórico

El análisis químico proximal se realizó por triplicado, de acuerdo con los procedimientos descritos por la Asociación Oficial de Químicos Analíticos Internacional (AOAC por su sigla en inglés) (15), incluyendo las siguientes determinaciones: humedad, cenizas, proteína, grasas, carbohidratos y fibra. Para la determinación de proteína se siguió el método 8075 (TKN) del manual del espectrofotómetro HACH DR/2000 (16). Las grasas se cuantificaron con el equipo Soxtec® Avanti, el cual se basa en la extracción de la grasa usando el solvente éter de petróleo como solución extractora. Los carbohidratos se calcularon mediante la siguiente ecuación: Carbohidratos totales = 100-(g proteína + g grasa + g cenizas + g fibra) en 100 g de muestra seca.

La determinación de calorías se realizó utilizando un calorímetro Parr 6720® y consistió en colocar la muestra seca en la bomba calorimétrica con oxígeno, sumergida en la cámara llena de agua. Posteriormente se programó el equipo para generar la ignición y, finalmente, se obtuvo el resultado en calorías por gramo.

Análisis de índices de calidad de las grasas extraídas de los churros

Se realizaron los análisis de la grasa extraída de las frituras por triplicado, de acuerdo con los procedimientos establecidos en las normas mexicanas: índice de acidez, indicador de la cantidad de ácidos grasos libres en el aceite (17), índice de peróxidos —que revela la cantidad de peróxidos— (18), índice de yodo —que revela el grado de insaturación del aceite— (19) y el índice de anisidina —indicador de la cantidad de aldehídos formados en la oxidación secundaria— (20).

Análisis estadístico

Con los resultados obtenidos se realizó un análisis de varianza de una vía, para determinar si hubo diferencias significativas entre las muestras analizadas. Cuando hubo diferencia significativa se realizó la comparación de medias con el método Tukey, con un nivel de confianza del 95 %. El análisis de datos se realizó con el *software* Statistica 9.0.

RESULTADOS

Análisis químico proximal

El mayor aporte de grasa lo presentó la muestra B2, con un promedio de 35,2 g % más que las muestras B3 y B4. En tanto que el mayor contenido de proteína lo mostró B4 (8,1±1,4 g %), valor equivalente a cerca de cuatro veces el de la muestra B1 (2,5±0,0 g %). B2 presentó significativamente menor contenido de carbohidratos (54,2±0,3 g/100 g) que las otras tres muestras analizadas, en tanto que el valor más alto de fibra (1,1±0,2 g/100 g) se encontró en B4. El contenido de cenizas no mostró diferencias significativas, el rango fue de 2,2±0,5 g % a 3±0,3 g %. Todas las muestras incluidas en el presente estudio tenían un aporte energético alto, toda vez que la densidad energética estaba entre 4,8 y 5,3 kcal/g, con el menor valor para la B4 (485±3 kcal %) y el mayor para la B2 (531±15 kcal %), con diferencias estadísticas significativas entre esta última respecto de las otras tres muestras analizadas (Tabla 1).

Análisis de aceites extraídos

El índice de acidez fue significativamente superior en la muestra B1 (4,75±0,06), en comparación con las otras tres; el de anisidina también fue mayor en la muestra B1 (58,7±1,2), seguido muy de cerca por la muestra B4 (57,8±6,9), pero significativamente mayor que las otras dos. Con relación al índice de peróxidos, el valor más alto

también lo presentó la muestra B1 (10,6±1,1), con diferencias significativas en comparación con las otras tres. Como se observa, todos los índices indicativos de oxidación fueron mayores en la muestra B1 respecto de las otras, incluso en dos de ellos (índice de acidez y peróxidos) sobrepasó los límites superiores permitidos en México. Por último, el índice de yodo indicativo del grado de insaturación de la grasa fue más alto en la muestra B1 (172,1±2,0), seguido muy

de cerca por B2 (169,7±1,0) y B4 (169,2±1,0), pero muy superior a B3 (80,3±3,0) (Tabla 2).

Además, en los dos productos en los que se compararon los valores de macronutrientes, fibra y energía, obtenidos en el análisis de laboratorio, con los reportados en la etiqueta, se encontró que no coincidían. La energía cuantificada en el laboratorio fue muy superior a la reportada en la etiqueta, los carbohidratos ligeramente superiores y la proteína muy inferior (Tabla 3).

Tabla 1. Análisis químico proximal de las muestras de frituras de maíz en base húmeda

Muestra	Cenizas g % X±DE	Grasa g % X±DE	Proteína g % X±DE	Carbohidratos g X±DE	Fibra g % X±DE	Energía kcal/100 g X±DE
B1 (n=3)	3,0±0,3 ^a	31,6±2,7 ^b	2,5±0,0 ^d	61,1±3,0 ^b	0,6±0,1 ^b	523±22 ^a
B2 (n=3)	2,8±0,4 ^a	35,2±0,1 ^a	5,7±0,3 ^b	54,2±0,3 ^c	0,7±0,1 ^b	531±15 ^a
B3 (n=3)	2,5±0,4 ^a	23,8±2,4 ^c	4,1±0,1 ^c	64,4±0,5 ^a	0,6±0,0 ^b	521±10 ^a
B4 (n=3)	2,2±0,5 ^a	23,7±0,2 ^c	8,1±1,4 ^a	61,9±0,3 ^{a^b}	1,1±0,2 ^a	485±3 ^b

X±DE: promedio±desviación estándar. Letras distintas en el superíndice indican diferencias estadísticas significativas al comparar los valores de cada fila, según la prueba de Tukey, con un nivel de confianza del 95 %.

Tabla 2. Índices de calidad de las grasas extraídas de las muestras de frituras de maíz y límite máximo permisible establecido por la Secretaría de Salud

Muestra	IA n=3 X±DE	IAn n=3 X±DE	IP n=3 X±DE	II n=3 X±DE
B1	4,8±0,1 ^a	58,7±1,2 ^a	10,6±1,1 ^a	172,2±2,0 ^a
B2	1,9±0,1 ^b	33,1±1,0 ^b	3,4±0,8 ^b	169,7±1,0 ^b
B3	1,2±0,0 ^c	25,1±0,7 ^b	2,3±0,0 ^b	80,3±3,0 ^c
B4	1,2±0,0 ^c	57,8±7,0 ^a	4,6±0,0 ^b	169,2±0,1 ^b
L Max	2	150	7	-

X±DE: promedio±desviación estándar, IA: índice de acidez, IAn: índice de anisidina, IP: índice de peróxidos, II: índice de yodo. L Max: límite máximo permisible establecido por la Secretaría de Salud de México. Letras distintas en el superíndice indican diferencias estadísticas significativas al comparar los valores de cada fila, según la prueba de Tukey, con un nivel de confianza del 95 %.

Tabla 3. Comparación de productos analizados contra contenido especificado en etiqueta

	Proteína g %	Carbohidratos g %	Grasa g %	Fibra g %	Energía kcal/100 g
Etiqueta B1	6,8	60,0	16,00	1,2	410
Análisis B1 (n=3)	2,5	61,1	31,6	0,6	523
Etiqueta B3	7,6	60,0	26,8	0,4	508
Análisis B3 (n=3)	4,1	64,4	23,8	0,6	520

DISCUSIÓN

El aporte de carbohidratos de las muestras estudiadas estaba entre $54,2\pm 0,3$ y $64,4\pm 0,5$ g %; el de proteínas entre $2,5\pm 0,0$ y $8,1\pm 1,4$ g %; el de grasa entre $23,7\pm 0,2$ y $35,2\pm 0,1$ g; y el de energía entre 485 ± 3 y 531 ± 15 kcal. La muestra de churros identificada como B4 presentó el mejor perfil nutricional, puesto que mostró el menor aporte calórico (485 ± 3 kcal %) y de grasa ($23,7\pm 0,2$ g %), y el mayor contenido de proteínas ($8,1\pm 1,4$ g %) y de fibra ($1,1\pm 0,2$ g %). Los índices indicativos de oxidación fueron superiores en la muestra B1 con relación a las otras tres, incluso en dos de ellos. El índice de acidez ($4,8\pm 0,1$) y de peróxidos ($10,6\pm 1,1$) sobrepasaron los límites superiores permitidos en México. Con respecto al índice de yodo, la muestra que presentó el mayor valor fue B1 ($172,1\pm 2,0$), lo cual indica que fue la muestra con mayor grado de insaturación, es decir, la que contenía un mayor número de dobles enlaces, seguida de B2 ($169,7\pm 1,0$), B4 ($169,2\pm 1,0$) y B3 ($80,3\pm 3,0$).

Los valores de macronutrientes evaluados en el presente estudio se compararon con los de otro estudio realizado por la Profeco en 2012 (2) en frituras de maíz de marcas conocidas, en las cuales se encontraron datos muy similares con respecto al contenido de grasa (24 a 37 g %) y de carbohidratos (51 y 68 g %) en comparación con los obtenidos en el presente estudio, para grasa $23,7\pm 0,2$ y $35,2\pm 0,1$ g y carbohidratos $54,2\pm 0,3$ y $64,4\pm 0,5$ g %; en tanto que los valores de proteína fueron diferentes, de 5 a 7 g % los publicados por la Profeco y de 2,5 a 8,1 g % los del presente estudio.

En los dos productos en los que se compararon los valores de macronutrientes, fibra y energía obtenidos en el análisis de laboratorio, con los reportados en la etiqueta, se encontró que no coincidían. En las etiquetas se observó subregistro de la energía y los carbohidratos, y mayor cantidad

de proteínas. En México las frituras estudiadas se comercializan en empaques de 50 g, es decir, dos porciones por empaque y, según las determinaciones realizadas en el presente estudio, cada porción de 25 g de los churros estudiados aporta entre 121 y 133 kcal.

Si se tienen en cuenta las recomendaciones de energía diaria para la población adulta mexicana, establecidas en 2000 kcal (21), se obtiene que una sola porción del producto suministra del 6 al 7 % de la energía diaria recomendada; además, generalmente, cuando una persona compra este tipo de productos, ingiere el paquete de 50 g en su totalidad, por lo tanto, con su consumo el aporte sería del 12 al 14 % de la energía total diaria recomendada, por tratarse de un alimento de alta densidad energética que aporta más de 4 kcal/g de alimento (22).

Durante la fritura profunda, el aceite generalmente se calienta a una temperatura extrema por encima de 180 °C. Al mismo tiempo, se expone a la humedad y al aire, esto genera una amplia gama de reacciones químicas que en conjunto son conocidas como oxidación de lípidos. El aceite sometido a calentamiento y en presencia de oxígeno desencadena reacciones químicas diversas como oxidación, hidrólisis, polimerización e isomerización; reacciones que afectan negativamente la estabilidad de los ácidos grasos y los índices químicos de calidad de la grasa. Está demostrado que el calor puede incrementar hasta 15 veces la cantidad de ácidos grasos libres, hasta 14 veces el índice de acidez, hasta 8 veces el índice de peróxidos y hasta 39 el de anisidina (23).

El índice de acidez en los aceites de fritura es consecuencia de la presencia de agua proveniente del producto que se fríe, que junto con las elevadas temperaturas de la fritura favorecen la reacción de hidrólisis de los triglicéridos, lo que da lugar a la presencia de ácidos grasos libres. El aumento de

acidez se acentúa cuando el aceite de fritura no se renueva periódicamente, esto conlleva la formación de humos y sabores indeseables, y origina la rancidez hidrolítica (24).

En un estudio similar realizado en el estado de Sonora, sobre el efecto del freído sobre la calidad del aceite de canola utilizado para elaborar totopos (tortilla frita) de maíz, el valor más alto de acidez fue de 2,07 después de 11 ciclos de freído con aceite filtrado; valores que se elevaban a partir del tercer ciclo de freído (25); en tanto que, en la presente investigación, el valor más elevado lo presentó la muestra B1 con 4,75. Con base en esta información, es posible inferir que el aceite extraído de la muestra B1 fue reutilizado en múltiples ocasiones en el proceso de elaboración del producto.

Por otra parte, el índice de peróxidos es una medida del estado de oxidación de un aceite o grasa; sin embargo, los peróxidos se pierden durante el proceso, por lo cual se considera poco confiable. En un estudio realizado por Robert et al. (26), se encontró que el índice de peróxidos aumentaba después del proceso de freído, pero este índice era menor cuando se utilizaban aceites hidrogenados (3,7 % en aceite de girasol y 1,3 % en el aceite de girasol parcialmente hidrogenado). Así mismo, el almacenamiento del producto aumenta el índice en mención. Sin embargo, los cambios son mayores cuando se utilizan para la fritura aceites no hidrogenados, con valores que pasan de 2,8 el primer día de la fritura a 8,4 después de 60 días de almacenamiento cuando se usa aceite de girasol, con un cambio de 1,4 a 2,0 durante el mismo periodo de almacenamiento cuando se utilizó aceite de girasol parcialmente hidrogenado. El índice de peróxidos encontrados en el presente estudio estuvo entre $2,3 \pm 0,0$ y $10,6 \pm 1,1$, con el mayor valor para la muestra B1.

El índice de anisidina es un indicador de la oxidación secundaria que proporciona una estimación de los productos carbonilo formados durante las etapas intermedias del proceso de oxidación. Del mismo modo, Robert et al. (26) determinaron el índice de anisidina en su estudio, y encontraron un gran aumento al final del proceso de fritura. Después de una jornada de trabajo de ocho horas, dicho índice pasó de 7,6 al inicio de la fritura a 67,8 después de esta, cuando se utilizó aceite de girasol, pero los valores fueron más bajos y el cambio menos dramático al emplear aceite de girasol parcialmente hidrogenado, que pasó de 3,1 al inicio de la fritura a 6,2 ocho horas después. Sin embargo, estos valores se mantuvieron sin variación significativa durante el almacenamiento.

Al comparar el índice de anisidina del presente estudio con los obtenidos por Robert et al. (26) en grasas después de ocho horas de uso, se observó que los valores encontrados en el presente estudio (de $25,1 \pm 0,7$ a $58,7 \pm 1,2$) fueron inferiores a los reportados en el aceite de girasol, aunque muy superiores a los del aceite de girasol parcialmente hidrogenado.

Los peróxidos derivados de los lípidos durante la fritura se incorporan en parte dentro del alimento con efectos perjudiciales para el consumidor, tales como cambios celulares irreversibles, mutación, cáncer y aterosclerosis. En ratas Wistar se observaron daños histológicos en yeyuno, colon e hígado (27). Aunque el índice de peróxido es un indicador de la oxidación de los lípidos, su utilidad solo es aplicable a las etapas iniciales del proceso oxidativo, puesto que los peróxidos están sujetos a subsecuente descomposición; por lo tanto, el índice de anisidina se considera mejor indicador para medir la oxidación secundaria (28). Sin embargo, en el caso de la muestra B1, no solo estaba alto el índice de peróxidos, sino además los otros dos estudiados: el de acidez y el de anisidina, también indicativos de oxidación.

Calidad de la grasa contenida en frituras de maíz

Por otra parte, el índice de yodo es la medida de insaturación de las grasas y aceites; durante el almacenamiento un aceite sufre procesos de oxidación, por lo que el índice de yodo muestra una tendencia decreciente, debido a los procesos oxidativos que tienen lugar precisamente en los dobles enlaces, saturando la molécula y provocando una reducción de este índice (29). El índice de yodo es mayor cuanto más elevado sea el número de dobles enlaces por unidad de grasa, por lo cual, se puede afirmar que la muestra B3 (II 80,3±3) presenta un grado de insaturación menor que las demás muestras.

Debido a que los productos de oxidación de lípidos primarios (peróxidos e hidroperóxidos) son extremadamente inestables, reaccionan rápidamente entre sí para formar otras sustancias que incluyen compuestos volátiles tales como alcoholes, aldehídos, ácidos, cetonas, entre otros, y no volátiles como carbonilos o ácidos grasos diméricos, triméricos, poliméricos y cíclicos, entre otros. Parte de los compuestos volátiles se pierden durante el proceso de fritura, a diferencia de los compuestos polares no volátiles que se depositan en el aceite, dañando su calidad. Los productos de la oxidación de lípidos, conocidos en su conjunto como compuestos polares, desempeñan una función importante en el desarrollo de la enfermedad cardiovascular, toda vez que permanecen en el aceite y luego son absorbidos por el alimento (23).

La práctica de usar aceite repetidamente calentado es común entre las poblaciones, debido a su rentabilidad. El consumo de productos freídos en estas grasas genera radicales libres que pueden causar un efecto perjudicial en el sistema cardiovascular a través de la acumulación de colesterol total y triglicéridos asociados con un aumento de la presión arterial (30).

Estudios en ratas Sprague asociaron el estrés oxidativo con daños en la función endotelial e hipertensión, y en humanos la oxidación térmica del aceite se asoció con la peroxidación de los lípidos plasmáticos. El daño oxidativo por sobrecalentamiento del aceite es uno de los mecanismos implicados en el desarrollo de enfermedad cardiovascular que incluye daño celular, alteraciones enzimáticas y mutagenicidad de los ácidos nucleicos (23).

Las grasas en la preparación de alimentos son muy importantes para obtener mejor sabor en los productos de consumo humano, por lo que se deben utilizar grasas en buenas condiciones (no oxidadas, ni rancias). Los resultados de este estudio resaltan la importancia de realizar un control de calidad en este tipo de productos fritos, que permita al consumidor confiar en lo que ingiere. Los estudios deben realizarse en diferentes épocas del año, debido a que la temperatura ambiental influye significativamente en el grado de oxidación de las grasas.

En conclusión, los churros de maíz, elaborados y consumidos en Navojoa, estado de Sonora, México, tienen un alto aporte de carbohidratos, grasa y, por ende, elevado valor energético.

Algunos de los churros de maíz producidos en Navojoa no cumplen con la declaración de contenido nutricional en la etiqueta, en lo que respecta al aporte de proteína, grasa y fibra.

En cuanto al análisis de la grasa extraída, solo la muestra B1 presenta alteraciones en dos de los índices, de acuerdo con las normas de calidad de aceites calentados.

En lo que respecta al aporte de macronutrientes, fibra y energía, la muestra con mejor perfil nutricional de las cuatro analizadas es la B4, por su menor contenido de grasas y energía y mayor contenido de proteínas y fibra; sin embargo, en cuanto a los

índices de calidad, la muestra con menor deterioro oxidativo es la B3.

FINANCIAMIENTO

Departamento de Investigación y Posgrado de la Universidad Estatal de Sonora. Unidad Académica Navojoa.

CONFLICTO DE INTERESES

Se declara que es un manuscrito inédito y que las autoras contribuyeron de forma equitativa en el desarrollo de la presente investigación, en el análisis de datos y en la elaboración del documento, por lo que no se genera conflicto de intereses.

Referencias

1. Márquez CA. Estado nutricional y su rendimiento escolar en adolescentes de 12 a 16 años del sur de Cd. Obregón, Sonora, México. *Rev. Salud Pública Nutr.* 2008;9(2):1-9.
2. Profeco. Papas fritas envasadas [Internet] México: Profeco; 2008 [Citado enero de 2019] 2008. Disponible en: https://www.profeco.gob.mx/revista/pdf/est_08/56-63%20papas.pdf
3. Ali RFM, El Anany AM. Recovery of used frying sunflower oil with sugar cane industry waste and hot water. *J Food Sci Technol.* 2014;51(11):3002-13. DOI: 10.1007/s13197-012-0832-7
4. Zhang Q, Saleh AS, Chen J, Shen Q. Chemical alterations taken place during deep-fat frying based on certain reaction products: A review. *Chem Phys Lipids.* 2012;165(6):662-81. DOI: 10.1016/j.chemphyslip.2012.07.002
5. Bordin K, Kunitake MT, Aracava KK, Trindade CS. Changes in food caused by deep fat frying – A review. *Arch Latinoam Nutr.* 2013;63(1):5-13.
6. Suaterna-Hurtado AC. La fritura de los alimentos: pérdida y ganancia de nutrientes en los alimentos fritos. *Perspect Nutr Humana.* 2008;10(1):77-88. Disponible en <https://aprendeonlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/nutricion/article/view/9367/8624>
7. Hamid AA, Dek MS, Tan CP, Zainudin MA, Fang EK. Changes of major antioxidant compounds and radical scavenging activity of palm oil and rice bran oil during deep-frying. *Antioxidants (Basel).* 2014;3(3):502-15. DOI: 10.3390/antiox3030502
8. Cahill LE, Pan A, Chiuve SE, Sun Q, Willett WC, Hu FB, et al. Fried-food consumption and risk of type 2 diabetes and coronary artery disease: a prospective study in 2 cohorts of US women and men. *Am J Clin Nutr.* 2014;100(2):667-75. DOI: 10.3945/ajcn.114.084129
9. Bao W, Tobias DK, Olsen SF, Zhang C. Pre-pregnancy fried food consumption and the risk of gestational diabetes mellitus: a prospective cohort study. *Diabetologia.* 2014;57(12):2485-91. DOI: 10.1007/s00125-014-3382-x
10. Hu P, Li Y, Campos H. Fried food intake and risk of nonfatal acute myocardial infarction in the Costa Rica Heart Study. *PLoS One.* 2018;13(2):1-13. DOI: 10.1371/journal.pone.0192960
11. Lippi G, Mattiuzzi C, Cervellin G. Meat consumption and cancer risk: a critical review of published meta-analyses. *Crit Rev Oncol Hematol.* 2015;97(1):1-14. DOI: 10.1016/j.critrevonc.2015.11.008
12. Yagüe MA. Estudio de utilización de aceites para fritura en establecimientos alimentarios de comidas preparadas. Estudio de prevención y seguridad integral. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona, Campus de Bellaterra; 2003, 34 pp.
13. Stott-Miller M, Neuhaus ML, Stanford JL. Consumption of deep-fried foods and risk of prostate cancer. *Prostate.* 2013;73(9):960-9. DOI: 10.1002/pros.22643
14. Bligh EG, Dyer WJ. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J Biochem Physiol.* 1959;37(8):911-7.

Calidad de la grasa contenida en frituras de maíz

15. Helrich K, Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 15th ed. Washington, D.C.: Arlington, VA; 1990, 771 pp.
16. HACH. Procedures Manual, DR2700 Spectrophotometer. 2002 . [Internet]. [Citado enero de 2019]. Disponible en: <https://www.hach.com/dr-2000-spectrophotometer/product-downloads?id=7640439022>
17. Norma Oficial Mexicana NOM-187-SSA1/SCFI-2002. Productos y servicios. Masa, tortillas, tostadas y harinas preparadas para su elaboración y establecimientos donde se procesan. Especificaciones sanitarias. Información comercial. Métodos de prueba. México: Diario Oficial de la Federación; 2002. [Internet]. [Citado enero de 2019]. Disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/187ssa1scfi02.html>
18. Norma Mexicana NMX-F-154-SCFI-2010. Alimentos aceites y grasas vegetales o animales. Determinación del valor de peróxido. Método de Prueba. México: Diario Oficial de la Federación; 2010. [Internet]. [Citado enero de 2019]. Disponible en: <http://aniame.com/mx/wp-content/uploads/Normatividad/CTNNIAGS/NMX-F-154-SCFI-2010.pdf>
19. Norma Oficial Mexicana NOM-F-408-S-1981. Alimentos para humanos. Aceites y grasas vegetales o animales. Determinación del índice de yodo por el método de Hanus. México: Diario Oficial de la Federación; 1981. [Internet]. [Citado enero de 2019]. Disponible en: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4704652&fecha=18/12/1981
20. Norma Mexicana F-051-SCFI-2008. Alimentos aceites y grasas vegetales o animales. Determinación del índice de anisidina. Método de Prueba. México: Diario Oficial de la Federación; 2008. [Internet]. [Citado enero de 2019]. Disponible en: <http://aniame.com/mx/wp-content/uploads/Normatividad/CTNNIAGS/NMX-F-051-SCFI-2008.pdf>
21. Secretaría de Salud. Guía de alimentos para la población mexicana. México: Pressprinting; 2010. [Internet]. [Citado mayo de 2019]. Disponible en: <http://www.imss.gob.mx/sites/all/statics/salud/guia-alimentos.pdf>
22. Bell EA y Rolls BJ. Regulación de la ingesta de energía: factores que contribuyen a la obesidad. En: Bowman BA ed. Conocimientos actuales sobre nutrición, 8.ª ed. Washington DC: OPS/OMS e Instituto Internacional de Ciencias de la Vida, Publicación Científica y Técnica N.º 592; 2003, pp. 34-43.
23. Ng CY, Leong XF, Masbah N, Adam SK, Kamisah Y, Jaarin K. Heated vegetable oils and cardiovascular disease risk factors. *Vascul Pharmacol*. 2014;61(1):1-9. DOI: 10.1016/j.vph.2014.02.004
24. Valenzuela A, Sanhuesa J, Nieto S, Petersen G, Tavella M. Estudio comparativo, en fritura, de la estabilidad de diferentes aceites vegetales. *Aceites y Grasas*. 2003;8(4):568-73.
25. Peña GJL. Efecto de los ciclos de freído en la calidad de aceite de canola utilizado para eleborar totopos de maíz [tesis de Ingeniería en Biotecnología]. Obregón, México: Instituto Tecnológico de Sonora; 2006.
26. Robert P, Masson L, Romero N, Dobarganes MC, Izaurieta M, Ortiz J, et al. Fritura industrial de patatas crisps. Influencia del grado de insaturación de la grasa de fritura sobre la estabilidad oxidativa durante el almacenamiento. *Grasas y Aceites*. 2001;52(6):389-96.
27. Perumalla R, Subramanyam R. Evaluation of the deleterious health effects of consumption of repeatedly heated vegetable oil. *Toxicol Rep*. 2016;16(3):636-43. DOI: 10.1016/j.toxrep.2016.08.003
28. Jaarin K, Masbah N, Kamisah Y. Heated oil and its effect on health. In: Holban AM, Grumezescu AM. *Food Quality: Balancing Health and Disease*, volume 13, 1st ed. London: Academic Press; 2018, pp. 315-37.
29. Norma Mexicana NMX-F-152-SCFI-2011. Alimentos aceites y grasas vegetales o animales. Determinación del índice de yodo por el método de ciclohexano. México: Diario Oficial de la Federación; 2011. [internet]. [Citado mayo de 2019]. Disponible en: <http://aniame.com/mx/wp-content/uploads/Normatividad/CTNNIAGS/NMX-F-152-SCFI-2011.pdf>
30. Ganesan K, Sukalingam K, Xu B. Impact of consumption and cooking manners of vegetable oils on cardiovascular diseases. A critical review. *Trends Food Sci Tech*. 2018;71:132-54. DOI: 10.1016/j.tifs.2017.11.003