

Aplicación de un proceso de cocimiento dieléctrico en la elaboración de harinas instantáneas de maíz amarillo para preparación de frituras de masa y tortillas

Marcela Gaytán Martínez, Fernando Martínez-Bustos y Eduardo Morales Sánchez

Laboratorio de Investigación en Materiales Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del I.P.N.
Universidad Autónoma de Querétaro. México.

RESUMEN. En el presente trabajo se evaluó un proceso de cocimiento dieléctrico de maíz integral para la elaboración de harinas instantáneas para preparación de frituras de masa y tortillas. Durante el proceso de elaboración de harinas instantáneas la menor variación en color se observó en las muestras adicionadas con cal. La mayor capacidad de absorción de agua correspondió a las muestras procesadas sin cal. La cohesión y adhesión de masas de harinas instantáneas preparadas con cal por cocimiento dieléctrico se sitúan dentro de los valores reportados para muestras de masa de nixtamal y de harinas comerciales de maíz nixtamalizado. El análisis de color en frituras elaboradas con harinas instantáneas preparadas con cocimiento dieléctrico mostraron ligeros cambios con relación a las frituras elaboradas por el proceso tradicional de nixtamalización. Las frituras de tortilla preparadas con harinas instantáneas (adicionadas de cal) con 15 minutos de cocimiento dieléctrico, presentaron valores de ΔE similares al control. El contenido de humedad de las frituras varió en un rango de 1.5 a 2.8. Las frituras de masa de harinas instantáneas preparadas por cocimiento dieléctrico adicionadas de cal absorbieron la mayor cantidad de aceite, seguidas por el control y finalmente por las muestras de frituras de tortilla. Las frituras de tortilla preparadas con harinas instantáneas (adicionadas con cal) durante 10 y 15 minutos con cocimiento dieléctrico fueron crujientes y suaves. Las harinas instantáneas elaboradas por cocimiento dieléctrico de maíz integral presentan un alto potencial para producir frituras de buenas características funcionales con ahorros substanciales en gasto de agua, tiempos de procesamiento y mayores rendimientos debido al uso integral del grano de maíz.

Palabras clave: Cocimiento dieléctrico, harinas instantáneas, frituras, masa, tortillas.

SUMMARY. Application of dielectric cooking to produce instant maize flour for corn and tortilla chips. This present work reports on the evaluation of a method for producing of instant flour for corn and tortilla chips based on dielectric cooking (DC). The samples prepared with lime showed a smaller variation in color than those without lime. A greater water absorption capacity was found in the samples processed without lime. The values for cohesion and adhesion of the DC masa prepared with lime are within the range of values previously reported for samples of masa prepared with nixtamal and commercial instant maize flours. The color analyses of chips from DC masa showed slight changes in relation to the chips prepared by the traditional process of nixtamalization. The DC tortilla chips (plus lime) with 15 minutes of DC showed similar values of ΔE as compared to the control (commercial tortilla chips). The moisture of the DC chips varied in the range from 1.5 to 2.8. The DC tortilla chips with lime absorbed a lower amount of oil than the control sample and the corn chips. In fact, the DC chips absorbed lower amount of oil as compared to the control. The DC tortilla chips with lime and processed for 10 and 15 minutes were crunchy and smooth. Dielectric cooking displays a high potential for corn and tortilla chips with good functional characteristics, giving substantial savings of water, processing time and with higher yields due to the use of the whole grain.

Key words: Dielectric cooking, instant flours, corn chips, tortilla chips.

INTRODUCCION

Desde tiempos precolombinos, los aztecas producían el totopochtli mediante el tostado de las tortillas en un comal caliente. Las denominadas tostadas presentan una mayor vida de anaquel, sabor, olor agradable y característico de tortilla frita. En México es una práctica común entre las amas de

casa el freír las tortillas sobrantes de la comida para mejorar su sabor y consumirlas conjuntamente con frijoles refritos, lechuga, carne, crema con chile en polvo y otros aderezos. Las fracciones de tostadas denominadas totopos son consumidos en forma de botanas (adicionadas de sal y/o chile) o durante las comidas substituyendo a la cuchara. A diferencia de las frituras elaboradas en México, los productos fritos de

masa (corn chips) y tortilla (tortilla chips) elaborados en Estados Unidos de América utiliza masa gruesa. Las frituras de tortilla son cocidas antes de ser fritas por lo que absorben menor contenido de aceite. Las plantas industriales modernas aún utilizan los mismos principios para transformar el maíz en frituras. En la elaboración de frituras se utiliza la masa cortada y moldeada o la tortilla cocida cortada en fracciones circulares o triangulares que se fríen directamente con condiciones controladas de temperatura (1).

El cocimiento alcalino de maíz para producir harina de masa deshidratada, tortillas, frituras de tortilla y de masa, cada vez esta siendo más importante a medida que se incrementa la popularidad de la comida Mexicana. Las frituras de maíz y tortillas representan 5% de los aproximadamente \$ 42 billones de dólares americanos del mercado de las botanas, comparado con 6.2% para papas fritas (2).

En la industria de la elaboración de frituras se utilizan principalmente tres tipos de maíces, siendo estos el blanco, amarillo y azul, además de algunas mezclas de maíces amarillos y (1). La masa para las frituras es extrudida por medio de un troquel cortada en piezas por cuchillos rotatorios y freídas inmediatamente (corn chips). La masa para las frituras de tortilla se formatea en triángulos, tiras o círculos antes de ser cocidas, equilibradas y fritas (tortilla chips).

Las frituras producidas a partir de maíz tienen gran aceptación dentro del mercado mexicano debido a la gran diversidad de productos que es posible desarrollar con relación a textura, forma, sabor y una considerable larga vida de anaquel. Una forma alternativa de realizar el cocimiento del maíz es utilizando el cocimiento dieléctrico u óhmico. Esta nueva forma de cocimiento aprovecha la disipación dieléctrica del material (maíz) para generar calor y lograr el cocimiento del material sin generar afluentes contaminantes y aprovechando el grano integral del maíz, elevando el valor nutricional de los productos. Esta técnica consiste en considerar el material de estudio como un circuito eléctrico con una impedancia Z . La muestra se somete a un estudio de espectroscopia de impedancia, esto consiste en hacer a la muestra un barrido en frecuencia, determinando para cada punto en el barrido, el valor de la parte real e imaginaria de la muestra. Una vez obtenidos los valores se calculan el factor de disipación, y la frecuencia a la cual la curva tiene el máximo, se considera que es donde se tiene la máxima disipación de calor. Una vez obtenida la frecuencia, la muestra es sometida a un voltaje alterno a la frecuencia indicada y al aumentar gradualmente la potencia se consigue el calentamiento del material.

Es necesario considerar que a través de ésta técnica la potencia total es proporcionada internamente a la muestra, es decir, que la potencia total es disipada en la muestra como si fuera un resistor. Cabe notar que dependiendo del tamaño y la forma de la muestra, la frecuencia de máxima disipación

toma valores diferentes, pero siempre en un rango de 10 KHz a 100 KHz. (3).

MATERIALES Y METODOS

Materia Prima

Se utilizó maíz amarillo comercial (cosechado en el Estado de México en 1997) de endospermo corneo y como control para todos los análisis realizados se empleó harina comercial de maíz nixtamalizado. Además se utilizó hidróxido de calcio y aceite vegetal comerciales.

Proceso tradicional de nixtamalización

El proceso tradicional de nixtamalización (cocimiento alcalino) para la elaboración de tortillas fue realizado cociendo el grano con exceso de agua conteniendo 1% en peso de cal. Posteriormente esta mezcla se llevó a la temperatura de 85°C y mantenida a esta temperatura durante 40 minutos. Después de esta etapa el maíz cocido se reposó por un período de 15 h. El nixtamal después de lavado fue molido en molino de piedras con la adición de pequeños volúmenes de agua para obtener la masa fresca.

Cocimiento dieléctrico para la obtención de harinas instantáneas (HICD)

Inicialmente 100 g de maíz integral fueron colocados en maceración durante 20 minutos en una suspensión de agua (50% en base al peso del maíz) con y sin la adición de cal (0.1%) y enseguida se le aplicó el tratamiento dieléctrico. Este sistema está integrado por un generador de función, un amplificador, un convertidor de corriente alterna (AC) a corriente directa (DC), un termopar (medidor de temperatura) y una interfaces compatibles con una computadora. La muestra de 100 g previamente macerada, se colocó dentro de una celda de nylamide y dos electrodos de Cu-Ni, conectados a la corriente, se aumentó el voltaje hasta 100 volts, el voltaje se mantuvo constante hasta aumentar la presión a 10 lb/in² y mantenida esta presión durante 10 o 15 minutos. Posteriormente el maíz fue molido y deshidratado a 50°C en estufa de circulación de aire caliente para obtener la harina.

Capacidad de absorción de agua

La capacidad de absorción de agua subjetiva (CAAS) fue determinada pesando 500 g de HICD, colocándola en un recipiente de acero inoxidable y agregando agua a temperatura de 28°C con una probeta, mezclándose manualmente hasta obtener una consistencia adecuada de la masa para elaborar tortillas. Para determinar la consistencia de la masa se procedió a tomar un teztal (fracción de masa), se oprimió con las palmas de las manos, si en la masa se forman grietas esto indica que aún puede absorber más agua

y sí no hay tales aberturas entonces la masa tiene la consistencia adecuada. La consistencia de la masa varía con la cantidad de agua adicionada. Agua en exceso da en una masa suave y pegajosa, mientras que falta de agua da una masa dura, difícil de manipular (4). La CAAS se expresa como mililitros de agua por g de harina.

Elaboración de tortillas

Las tortillas fueron formateadas en una tortilladora de rodillos manual (calibrada para tener una abertura de 1.2 mm). Las dimensiones de las tortillas fueron: 1.2 mm de espesor y 12.5 cm de diámetro. Las tortillas fueron cocidas en un comal mantenido a una temperatura de $280^{\circ} \pm 10^{\circ}\text{C}$, por 30 segundos por un lado (para formar la capa delgada), 25 segundos por el otro lado y finalmente se voltearon hasta lograr el inflado. Las tortillas fueron almacenadas en bolsas de polietileno para evaluaciones posteriores.

Elaboración de frituras

Las frituras se elaboraron a partir de tortillas (tortilla chips) y de masa (corn chips) preparadas de acuerdo con el proceso referido anteriormente y a partir de HICD. De la masa y tortilla se cortaron círculos de 5 cm de diámetro. Enseguida se frieron en aceite vegetal de maíz en una freidora doméstica (Taurus) a una temperatura que fluctuó de 170 a 180°C con un tiempo de freído de 50 a 60 segundos para las frituras de tortilla. En el caso de frituras de masa las muestras se frieron a una temperatura de 210 a 220°C , con un tiempo de freído de 45-55 segundos. Posteriormente a las frituras de ambos procesos se les adicionó sal (1.5%) y se guardaron en bolsas de polietileno para su análisis posterior.

Métodos analíticos

El contenido de humedad (44-19) y el extracto etéreo (30-20) fueron determinados de acuerdo con los métodos oficiales de la AACC (5).

Textura de masa y tortillas

La textura de masa (cohesión y adhesividad) y tortillas (fuerza de corte) fueron determinadas usando el texturometro universal TA-XT2 Texture Analyzer (Texture Technologies Corp., Sacardale, NY/Stable Micro System, Godalming Surrey, UK). La cohesión y adhesividad de masa fueron determinadas en 50g de muestra en la forma de un disco de 5.4 ± 0.1 cm de diámetro y 1.3 ± 0.1 de espesor, mediante la penetración del aditamento TA-18 de acero inoxidable de 1.27 cm de diámetro, a una velocidad de 2mm/sec y penetrando a una profundidad de 4 mm. Los resultados fueron registrados en kgf. Para evaluar la textura de frituras el equipo fue operado en el modo de compresión para registrar la fuerza requerida para quebrar el producto (N-m). Las frituras fueron colocadas transversalmente en la plataforma de metal de 1

cm de espesor y operado el texturometro en el modo de compresión con una cuchilla de prueba TA-90 de 3 mm de espesor y 6.93 mm de ancho. El texturometro se calibró a una velocidad de 2 mm/seg hasta quebrar el producto.

Viscosidad relativa

Fue usado un analizador de viscosidad (RVA - 3D) (Newport Scientific Pty, Australia) para determinar la viscosidad aparente de las muestras como una función de la temperatura. El contenido de humedad de las muestras fue determinado y ajustado en base a 14% (base húmeda). Fueron usados 4 g de muestra para el análisis, adicionando agua destilada hasta obtener un peso constante total de agua y muestra de 28 g. Las palas rotatorias del equipo fueron conectadas por dos minutos y la suspensión mantenida a 50°C para estabilizar la temperatura y asegurar una dispersión uniforme; posteriormente fue aumentada la temperatura de la suspensión a 92°C a una velocidad constante de 5.6°C por minuto y finalmente enfriada a 50°C en 7.5 minutos.

Color

La determinación de color se realizó usando el colorímetro mini-scan (Hunter-Lab), con el cual se obtuvieron las lecturas de los parámetros L , a y b . Donde: L = luminosidad: 100 = blanco, 0 = negro; a = rojo (+ 100), $-a$ = verde (-80), b = amarillo ((+ 70), $-b$ = azul (-80). Donde " L " define la luminosidad o brillantez de la muestra, " a " la diferencia entre la luz reflejada por la muestra en la zona de rojo a verde, donde los valores negativos de a indican tonalidades verdes, mientras que los valores positivos proporcionan tonalidades relacionadas con el color rojo. El parámetro " b " mide la diferencia entre la luz reflejada por la muestra en la zona de amarillo a azul, donde valores negativos de " b " definen tonalidades azules, en tanto que valores positivos involucran tonalidades con el amarillo.

El cambio de color (ΔE) fue calculado mediante las siguientes ecuación:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

Donde:

ΔE = cambio de color; ΔL = valor inicial (masa) - valor final (fritura).

Δa = valor a Hunter inicial (masa) - valor a Hunter final (fritura).

Δb = valor b Hunter inicial (masa) - valor b Hunter final (fritura).

RESULTADOS Y DISCUSION

Determinación de color

El análisis de color (Tabla 1) mostró cambios durante la elaboración de HICD. El color blanco (ΔL) fue reducido y las diferencias en colores verdes (Δa) y amarillo (Δb) fueron incrementados con relación al control (harina nixtamalizada de maíz comercial).

TABLA 1

Diferencias de color de harinas elaboradas por cocimiento dieléctrico

Muestra	ΔL	Δa	Δb	ΔE
Control	52	0.19	11.88	53.34
15 min c/cal	45.57	0.36	17.77	48.92
10 min c/cal	49.69	0.29	14.98	51.90
15 min s/cal	48.5	0.36	15.34	58.87
10 min s/cal	31.62	0.40	12.98	53.23

n=2

Control : harina comercial de maíz nixtamalizado

Contrario a lo esperado las mayores variaciones en color (ΔE) fueron obtenidas en muestras preparadas sin la adición de cal. La mayor variación de color se observó en las muestras preparadas con harinas con 15 minutos de tratamiento, (sin la adición de cal) y la menor variación se observó en las muestras preparadas con harina con 15 minutos de tratamiento dieléctrico adicionadas con cal. Probablemente el efecto del tratamiento dieléctrico reduce o inhibe la formación de color amarillo característico de tortillas elaboradas por el proceso tradicional.

Capacidad de absorción de agua subjetiva

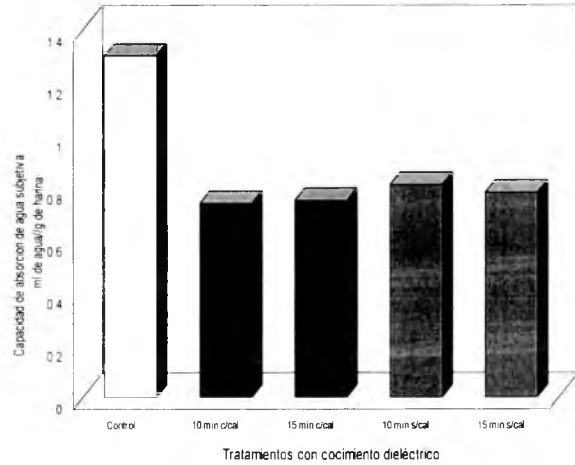
La capacidad de absorción de agua es una característica muy importante de las harinas comerciales de maíz nixtamalizado desde el punto de vista funcional y sobre todo económico. La capacidad de absorción de agua está directamente relacionada con el tamaño de partícula, el grado de gelatinización y el porcentaje de almidón dañado (1,6). Los resultados subjetivos mostraron una mayor capacidad de absorción de agua en las muestras procesadas sin cal. Las muestras adicionadas de cal prácticamente no mostraron diferencia entre ellas (Figura 1). Cuando comparada con una muestra de harina comercial, ésta presentó mayor capacidad de absorción de agua. Flores-Farias et al (5) reportaron valores de 1.21 a 1.36 mililitros de agua/g de harina, para harinas nixtamalizadas comerciales de maíz elaboradas en México. Para el caso de elaboración de frituras resulta conveniente la menor capacidad de absorción de agua de HICD, ya que se absorbe menor cantidad de aceite durante la etapa de freído.

Viscosidad relativa

Las características de viscosidad del control (harina de maíz nixtamalizado comercial) fueron mayores con relación a las HICD preparadas con y sin la adición de cal (Figuras 2 y 3).

FIGURA 1

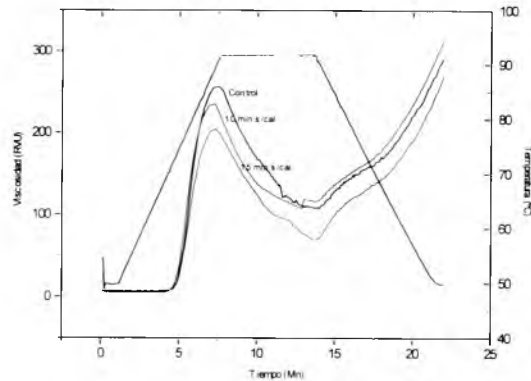
Capacidad de absorción de agua de harinas elaboradas por cocimiento dieléctrico



Control : harina comercial de maíz nixtamalizado

FIGURA 2

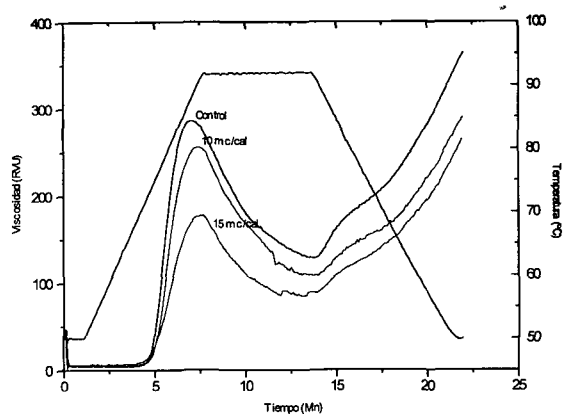
Viscosidad relativa de harinas instantáneas preparadas sin la adición de cal por cocimiento dieléctrico



Control : harina comercial de maíz nixtamalizado

FIGURA 3

Viscosidad relativa de harinas instantáneas preparadas con la adición de cal por cocimiento dieléctrico



Control : harina comercial de maíz nixtamalizado

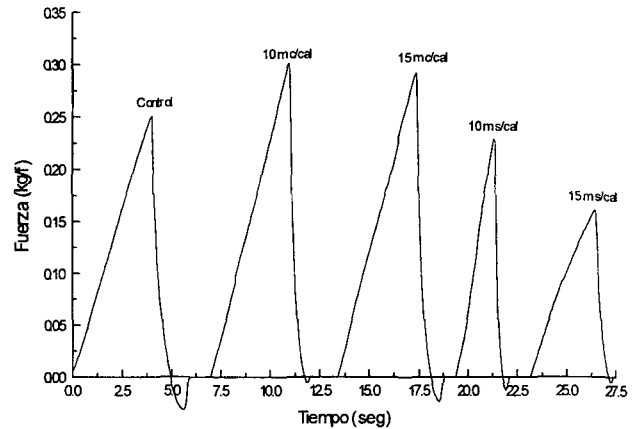
A medida que aumentó el tiempo de cocimiento dieléctrico se incrementó el grado de gelatinización de las harinas, evidenciado por sus menores valores de viscosidad. Valores similares de viscosidad fueron reportados en harinas comerciales de maíz nixtamalizado (4). Sin embargo Plascencia et al (8) reportaron menores valores de viscosidad para harinas instantáneas para frituras preparadas por cocimiento hidrotérmico. Lo que indicó un mayor grado de gelatinización con diferencias en características funcionales.

Cohesión y adhesión de masas

La mayor cohesión de masas fue para las muestras de HICD procesadas con cal con valores similares entre ellas (Figura 4). La mayor adhesión fue observada en la muestra sin la adición de cal tratada durante 10 minutos. El resto de las muestras mostraron valores similares de adhesión. Estos resultados de cohesión y adhesión de masas de HICD elaboradas con cal se sitúan dentro de los valores reportados para muestras de masa de nixtamal y de harinas comerciales de maíz nixtamalizado (4) que variaron de 0.20 a 0.30 kg. para cohesión y de 0.030 a 0.036 kg. para adhesión. Estos resultados son bastante favorables, considerando que las harinas comerciales, generalmente contienen en su formulación aditivos que mejoran sus propiedades reológicas (4). Estos aditivos son utilizados para contrarrestar el efecto de la separación del pericarpio nixtamalizado (presencia de gomas liberadas del pericarpio) mediante lavados exhaustivos del nixtamal para mejorar el color blanco afectado por la presencia de los componentes del pericarpio (7).

FIGURA 4

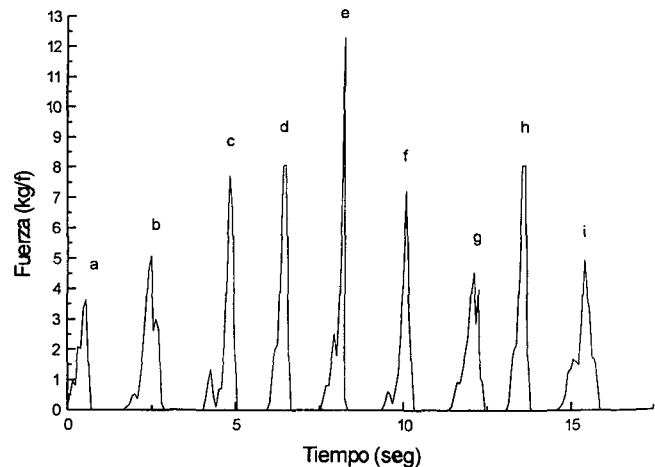
Cohesión y adhesión de masas preparadas con harinas instantáneas elaboradas por cocimiento dieléctrico



Control : harina comercial de maíz nixtamalizado

FIGURA 5

Textura de frituras de masa y tortilla preparadas con harinas instantáneas elaboradas por cocimiento dieléctrico



n=2

a) fritura de tortilla cocida 10 min con cal; b) fritura de masa cocida 10 min con cal; c) control preparado con tortilla por el método tradicional; d) fritura de masa cocida 10 min sin cal; e) fritura de masa cocida 5 min con cal; f) fritura de masa cocida 15 min con cal; g) fritura de tortilla cocida 15 min con cal; h) fritura de masa cocida 15 min sin cal; i) fritura de tortilla cocida 15 min sin cal.

Determinación de color en frituras

El análisis de color (Tabla 2) en frituras elaboradas con HICD mostraron ligeros cambios con relación a las frituras

elaboradas por el proceso tradicional de nixtamalización. Las frituras de tortilla preparadas con harinas instantánea (adicionadas de cal) con 15 minutos de cocimiento dieléctrico, fueron similares en diferencia en color (ΔE) con relación al control.

TABLA 2
Diferencias de color en frituras de masa y tortilla elaboradas con harinas preparadas por cocimiento dieléctrico

Muestra	ΔL	Δa	Δb	ΔE
Control ^a	23.98	2.92	25.72	35.29
15 min c/cal ^b	13.57	9.92	32.94	36.98
10 min c/cal ^b	14.04	10.99	33.73	38.15
15 min s/cal ^b	12.19	6.72	29.75	32.84
10 min s/cal ^b	13.91	11.73	32.48	37.43
15 min c/cal ^c	11.53	10.69	31.54	35.24
10 min c/cal ^c	17.86	9.30	32.98	38.64
15 min s/cal ^c	17.63	9.35	33.96	39.39
10 min s/cal ^c	14.32	12.27	33.02	38.02

n=2

^aFritura de tortilla preparado por el método tradicional. ^bFrituras de masa; ^cFrituras de tortillas.

El color blanco (ΔL) de las frituras de HICD fue menor con relación al control. Probablemente debido a una menor concentración de cal utilizada en la elaboración de HICD y también atribuido a que se empleó maíz integral. La diferencia en color verde (Δa) y color amarillo (Δb) de las frituras (masa y tortilla) de harinas instantáneas fueron mayores con relación al control. Los mayores cambios en diferencia en color se observaron en frituras de tortillas elaboradas con HICD preparadas con la adición de cal. Evidentemente, el hidróxido de calcio adicionado durante el proceso reacciona durante las diferentes etapas de elaboración con diferentes pigmentos contenidos en el grano de maíz e interviene en reacciones de oscurecimiento, tales como caramelización y reacciones de Maillard, proporcionando un color dorado al producto agradable al consumidor.

También el medio de transferencia de calor (aceite) está sujeto a cambios en composición a lo largo del proceso, lo que origina cambios de color en las frituras.

Absorción de aceite y contenido de humedad de frituras

Las muestras de frituras de tortilla preparadas con HICD con la adición de cal absorbieron menor cantidad de aceite que las muestras control y que las frituras de masa. También las muestras preparadas con masa de harinas instantáneas absorbieron menor cantidad de aceite con relación al testigo

(Tabla 3). El contenido de humedad varió en un rango de 1.5 a 2.8 con menor contenido de humedad para las frituras preparadas de masa de harinas instantáneas. Plascencia et al (8). Elaboraron frituras de masa y tortilla con harinas instantáneas preparadas con maíces pigmentados cocidos por cocimiento hidrotérmico y reportaron que las frituras a partir de harinas instantáneas presentaron un mayor contenido de humedad y menor contenido de aceite ($P < 0.05$) con relación a las frituras elaboradas a partir del proceso de nixtamalización tradicional. Así como también las frituras elaboradas a partir de tortilla presentaron un mayor contenido de humedad y menor contenido de aceite ($P < 0.05$) que las frituras elaboradas a partir de masa. De acuerdo con estos autores atribuido principalmente a que el agua que contiene la masa se evapora rápidamente al entrar en contacto con el aceite a alta temperatura y en el caso de las frituras de tortilla, la tortilla ha sido cocida y tiene una cierta cantidad de agua ligada que es difícil de evaporar a las temperaturas del aceite y al estar en contacto con el aceite se evapora menor cantidad de agua, además de que los espacios porosos en la tortilla se encuentran compactados y esto de alguna manera dificulta la salida de agua. Estos resultados son similares a los reportados por Serna-Saldivar (9). Este autor reportó que las frituras de masa presentaron contenidos de humedad de 1% y de 1.8% las frituras de tortilla. Moreira et al (10) analizaron el efecto de varios cambios en el contenido de aceite durante la elaboración de frituras de tortillas (cocimiento, temperatura del aceite, calidad del aceite y distribución de tamaño de partícula de la harina). Con fotografías obtenidas usando ESEM (Environmental Scanning Electron Microscopy) estos autores mostraron como el tamaño de la distribución del poro desarrollado durante el freído fue la principal causa de absorción de aceite durante el período de enfriamiento después del freído. También estos autores determinaron que el contenido de aceite es independiente de la temperatura y calidad del aceite. La cantidad de aceite absorbido fue relacionada al tamaño de partícula en la harina nixtamalizada y al contenido inicial de humedad. Al reducir el contenido de humedad de las frituras de tortilla antes del freído, se redujo el contenido de aceite en las frituras de un 25-27% a un mínimo de 20-18% (base húmeda). Rock-Dudley (11) estudió el efecto de los parámetros de proceso en el contenido de aceite en la fritura de tortilla usando ESEM y concluyó que el contenido de humedad por sí mismo no determina el contenido de aceite de la fritura. Este autor sugirió la posibilidad de que la humedad afecte la estructura, para alternativamente influenciar la absorción de aceite. Gamble et al (12) reportaron que la distribución de aceite en frituras depende de la estructura del alimento, y de la facilidad con la que su humedad es evaporada. También hacen mención que el aceite absorbido fue asociado con áreas de pérdida de humedad.

TABLA 3

Absorción de aceite y contenido de humedad de frituras de masa y tortilla elaboradas con harinas obtenidas por cocimiento dieléctrico

Muestra	Extracto etéreo %	Humedad %
Control ^a	42.63	1.7
15 min s/cal ^b	31.22	1.5
10 min s/cal ^b	33.82	2.8
15 min c/cal ^b	33.20	1.7
10 min c/cal ^b	30.67	2.5
15 min c/cal ^c	28.43	1.9
10 min c/cal ^c	28.14	1.6
15 min s/cal ^c	30.77	1.9
10 min s/cal ^c	39.20	1.5

n=2

^aFritura de tortilla preparado por el método tradicional. ^bFrituras de masa; ^cFrituras de tortillas.

Lee (13) reportó que en la absorción de aceite de las frituras de tortilla influyen varios factores, incluyendo la variedad de maíz, condiciones de cocimiento y molienda de la masa, tiempo de cocimiento y proceso de enfriamiento después del cocimiento entre otros. Este mismo autor reportó que el mecanismo de transición de un estado no-rígido a uno rígido durante el freído no está completamente definido. El estado final de la mayoría de los productos fritos que presentan una estructura rígida es generado por los cambios físicos y químicos. Las modificaciones en el almidón y reducción del contenido de humedad contribuyen a hacer rígida la estructura molecular del almidón. El contenido de humedad menor a 2% también estabiliza las configuraciones estructurales. Sun y Moreira (14) analizaron la distribución de aceite en las frituras de tortilla durante y después del freído. Reportando estos autores que solamente el 20% del aceite fue absorbido por el producto, mientras el 80% permanecía en la superficie de las frituras durante el freído. La mayor parte del aceite fue absorbido por las frituras durante el enfriamiento. Fuerza máxima de ruptura. El comportamiento de la fuerza máxima de ruptura en las frituras (Figura 4) mostró que las muestras de tortilla de maíz elaboradas con HICD durante 10 y 15 minutos con cal presentaron menor fuerza al corte, es decir fueron más crujientes y suaves. Plascencia et al (8) encontraron una mayor fuerza máxima de ruptura para las frituras elaboradas a partir del proceso de nixtamalización tradicional con relación a las frituras elaboradas con harinas instantáneas preparadas por cocimiento hidrotérmico. También la variable fuerza máxima de ruptura, fue mayor en las frituras de tortilla, presentando diferencia significativa para las frituras de masa que

presentaron una menor fuerza máxima de ruptura. Concluyendo estos autores que esto podría ser atribuido a que las partículas que constituyen la masa presentan generalmente una mayor cohesión o adhesividad con relación a harinas instantáneas. Atribuido también a las diferencias en condiciones de procesamiento entre ambos.

CONCLUSIONES

La menor variación en el color se observó en las muestras de HICD adicionadas con cal durante 10 minutos. Las muestras de HIDP adicionadas de cal tratadas durante 10 y 15 minutos prácticamente no mostraron diferencia en la capacidad de absorción de agua. La mayor cohesión de masas fue para las muestras procesadas con cal, con valores similares entre ellas. Las frituras de tortilla preparadas con HIDP con 15 minutos de tratamiento y adicionadas de cal absorbieron menor cantidad de aceite que las muestras control y que las frituras de masa: Las frituras de tortilla de maíz de HIDP y preparadas con 10 y 15 minutos (adicionadas con cal) fueron más suaves. El proceso desarrollado ofrece potencial para producir frituras de maíz con menor uso de agua, reducción de tiempos de proceso y mayores rendimientos debido al uso integral del grano de maíz.

REFERENCIAS

- Gómez MH, Waniska RD, and Rooney LW. Starch characterization of nixtamalized corn flour. *Cereal Chem.* 1991;68:578-582.
- Pollak LM, and White PJ. Corn as a food source in the United States: Part I. Historical and current perspectives. *Cereal Foods World* 1995;40:749-754.
- Morales SE, Gómez-Aldapa C, Martínez-Flores HEJ, González-Hernández, Vorobiev Y, Martínez-Montes, G. and Maartínez J. L. Nuevo método para determinar la temperatura de gelatinización. *Starch/Stärke* 1993;49:268-272.
- Flores-Farías R., Martínez-Bustos F, Salinas-Moreno Y and Ríos E. Physicochemical and rheological characteristics of commercial nixtamalized mexican maize flours for tortilla and derivatives preparation. *J. Science of Food and Agriculture* (aceptado).
- American Association of cereal chemists. *Approved Methods of the AACC*, 8th ed. The Association, st. Paul, MN. 1993.
- Bedolla, S. Development and characterization of an instant tortilla flour from sorghum and maize infra-red cooking (micronizing) and extrusion cooking. Dissertation submitted to the graduate college of Texas A & M University. Doctor of Philosophy. 1983.
- Martínez-Bustos F, Martínez-Flores HE, Sánchez-Sinencio F, Chang YK, Barrera-Arellano D, Ríos E. Importance of pericarp and germ on the rheological quality of masa and tortillas made from nixtamalized maize. *J Food Sci.* (en proceso).

8. Plascencia RG, Martínez Bustos F, Salinas-Moreno Y, Sánchez-Sinencio F, and Hernández-Montes A. Evaluation of nixtamalized flours prepared by hydrothermal cooking on corn and tortilla chips from pigmented corn. *J Food Sci.* (en proceso).
9. Serna-Saldivar SO, Gomez MH, and Rooney LW. The chemistry, technology and nutritional value of alkaline-cooked corn products. Ch 4. In: "Advances in Cereal Science and Technology". Vol X. Y. Pomeranz (Ed.) pp. 243-307. American Association of Cereal Chemists, Minneapolis, MN. 1990.
10. Moreira RG, Palau JE, and Sun X. Deep-fat frying of tortilla chips: an engineering approach. *Food Technology.* 1995;49 (4):146-150.
11. Rock-Dudley P. The effect of processing parameters on oil content of corn tortilla chips. MS Thesis. Texas A&M University. College Station, TX. 1993.
12. Gamble MH, Rice P, and Selman JD. Distribution and morphology of oil deposits in some deep-fried products. *J Food Sci.* 1987;52:1742-1745.
13. Lee JK. The effects on processing conditions and maize varieties on physicochemical characteristics of tortilla chips. Ph. D. Dissertation, Texas A&M University, College Station, Tx. 1991.
14. Sun X, and Moreira RG. Oil distribution in tortilla chips during deep-fat frying. ASAE Paper No. 94-6506. Pp. 1-13. St. Joseph, MI. 1994.

Recibido:28-11-1998

Aceptado:28-09-2000