

## ALMIDÓN RESISTENTE Y PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DE LAS HARINAS Y DE TORTILLA DE MAÍZ REFRIGERADAS A DIFERENTES TIEMPOS DE ALMACENAMIENTO

María de los Ángeles Cornejo-Villegas\*, Elsa Gutiérrez-Cortez, Luz Zambrano-Zaragoza, Alicia Del Real-López, Isela Rojas-Molina, Monserrat Mendoza-Avila y Mario Rodríguez-García

*Departamento de Ingeniería y Tecnología, FES-Cuautitlán, Laboratorio de Procesos de Transformación y Tecnologías Emergentes de Alimentos, Universidad Nacional Autónoma de México*

[\\*angiecornejo@unam.mx](mailto:angiecornejo@unam.mx)

### Resumen

La tortilla es un alimento que tiene una corta vida útil, causando pérdidas considerables a la industria. El objetivo de este trabajo fue evaluar, las propiedades fisicoquímicas y el contenido de almidón resistente (AR) en las harinas. Estas fueron obtenidas a partir de tortillas de maíz nixtamalizadas elaboradas por el método tradicional e industrial (comercial), almacenadas a 4 °C durante 7, 15 y 30 días. Las harinas fueron caracterizadas midiendo el índice de absorción de agua (IAA), el índice de solubilidad en agua (ISA), la viscosidad, y el contenido de AR. Conjuntamente, se llevaron a cabo el análisis químico proximal, la microscopía electrónica de barrido (MEB) y el análisis térmico. El almacenamiento a 4 °C aumentó la friabilidad de las tortillas. Las harinas de tortilla de maíz comerciales mostraron valores de IAA e ISA más altos que las harinas de tortilla de maíz tradicionales. Igualmente, las harinas de tortilla de maíz tradicionales mostraron valores de contenido de AR más altos en comparación con las harinas de tortilla de maíz comerciales, así como una viscosidad máxima. Los termogramas evidenciaron tres endotermas correspondientes a la gelatinización y a la fusión del almidón de maíz de los complejos amilosa-lípido tipo I y tipo II.

**Palabras clave:** nixtamalización, harinas de tortilla de maíz, complejo amilosa-lípido.

## Introducción

El cambio en la dieta y el sedentarismo de la población del país implica la ingesta de dietas ricas en calorías y bajas en vitaminas y minerales. Esto ha provocado un aumento de enfermedades crónicas como las cardiovasculares y la diabetes mellitus (Kahan y Zvenyach, 2016). El desarrollo de alimentos funcionales reduce el riesgo de enfermedades crónicas, esto ha incrementado el uso de nuevas tecnologías e ingredientes (Mikulíková *et al.*, 2008). Uno de estos componentes es el almidón resistente (AR), que se utiliza en alimentos con un alto contenido de fibra dietética, que previene diversas patologías como la obesidad, la diabetes y el cáncer de colon, entre otras (Santiago *et al.*, 2015). Además, el contenido de AR puede aumentar en los alimentos de diferentes formas durante el almacenamiento. Sin embargo, aún no se ha propuesto un proceso para la obtención de productos o ingredientes con alto contenido de AR, obtenidos a partir de subproductos nixtamalizados. La tortilla es un alimento básico en la población mexicana, por lo que la industria de la tortilla obtiene grandiosas ganancias de su producción (Cornejo *et al.*, 2018). Sin embargo, presenta una merma del 29% por lo que la reutilización de subproductos con propiedades nutraceuticas en beneficio de la salud del consumidor es importante. Consecuentemente, el objetivo de este trabajo fue evaluar las propiedades fisicoquímicas y el contenido de almidón resistente AR de harinas obtenidas de tortillas de maíz nixtamalizadas, consideradas como desperdicio por la industria de la tortilla, almacenados en refrigeración en diferentes períodos de tiempo.

## Materiales y métodos

**Preparación de muestras.** La harina de nixtamal obtenida por el método tradicional (MT) fue preparada con maíz de la variedad “Criollo Acatlán”, utilizando el MT de nixtamalización descrito por (Rojas *et al.*, 2007). Las harinas fueron rehidratadas para preparar las tortillas y secadas a 25 °C hasta 12% de humedad p/p., después fueron trituradas y homogeneizadas (tamiz No. 4 USA). Las tortillas fueron almacenadas a 4 °C durante 7, 15 y 30 días, después pulverizadas, para obtener las muestras TFR7, TFR15 y TFR30. La harina de maíz nixtamalizada comercial (HTMN),

se compró y rehidrató, se elaboraron las tortillas. A continuación, a las tortillas se les dio el mismo tratamiento descrito anteriormente para obtener las muestras CFR7, CFR15 y CFR 30.

*Análisis químico proximal AQP.* Todas las muestras fueron ensayadas de acuerdo con los métodos de la AOAC (2000) y la AACC International (n.d.). Análisis de fibra bruta (FB), proteína bruta (PB), humedad (H), lípidos (L), y cenizas (C) (métodos 962.09, 955.04, 925.10, 30-25, y 08-01, respectivamente), y extracto libre de nitrógeno (ELN) calculado por diferencia ( $\% \text{ ELN} = 100 / [\% \text{ H} + \% \text{ FB} + \% \text{ PB} + \% \text{ Extracto de éter} + \% \text{ C}]$ ).

*Análisis del contenido de almidón resistente AR.* Se siguió el método Megazyme. El AR se midió con un kit comercial (R-Star, Megazyme®, Bray, Irlanda). Se realizó una hidrólisis con pepsina (3200-4500 U/mg, Sigma Chemical Co. St. Louis MO, EE. UU.) pH=2, con una incubación de 30 min a 37 °C, posterior hidrólisis con amilasa pancreática (3 Ceralpha U/mg) 16 h y pH 7. Se midió la absorbancia a 510 nm (VE-5100 UV, Velab, Pharr, TX, EE. UU.).

*Índice de absorción de agua (IAA) e índice de solubilidad en agua (ISA).* El IAA e ISA se determinaron con el método de Anderson (1982). El gel restante se pesó y se calculó el IAA. El IAA se obtuvo con los sólidos evaporados en % de sólidos secos en 2,5 g de muestra.

*Determinación del perfil de viscosidad aparente.* Muestras con 12% de humedad, se analizaron en un reómetro (Anton Paar, modelo MCR 102. St Albans, Reino Unido). La t inicial fue de 50 °C por un min., calentamiento de 50 a 90 °C por 5.3 min., isoterma 90 °C 5.3 min. Después se realizó un enfriamiento a 50 °C por 5.3 min., a 193 rpm (Rincón *et al.*, 2016).

*Estudio morfológico.* Las micrografías se obtuvieron por microscopía electrónica de barrido de bajo vacío (MEB) en un microscopio JSM 5600LV (Tokio, Japón) con una resolución de 5 nm, un voltaje de aceleración de 20 kV, y presión de 12-20 Pa.

*Análisis térmico calorimetría diferencial de barrido (DSC).* Las propiedades térmicas se estudiaron en un calorímetro (DSC1 modelo 821, Mettler Toledo, Greifensee, Suiza) calibrado con indio. Las temperaturas de Inicio (To), de pico (Tp), finales (Tf) y

cambio de entalpía ( $\Delta H$ ) se adquirieron del software de análisis según (Santiago-Ramos *et al.*, 2015). Calentamiento de 30 a 130 °C a velocidad de 10 °C min<sup>-1</sup>.

*Análisis estadístico.* Los resultados se analizaron con un análisis de varianza (ANOVA) seguido de una prueba de Tukey con  $\alpha = 0.05$ . Se utilizó el paquete SPSS versión 2.2. se informa un valor promedio

## Resultados y discusión

*El AQP de las harinas de tortillas tradicionales y comerciales,* se resumen en la Tabla 1. El contenido de humedad estuvo entre 8.44 y 8.77%. Las proteínas y grasas fueron levemente inferiores al estándar (valores de 8 y 4%, respectivamente).

Sin embargo, las proteínas en las harinas de tortillas de maíz comerciales (HTMC) fueron significativamente mayores ( $p \leq 0.05$ ) que los valores observados para las harinas tradicionales de tortilla de maíz (HTTM). Estos valores estaban dentro de la Norma Mexicana para harinas de maíz nixtamalizadas (NMX-F-046-S-1980 | *Enhanced Reader*, n.d.). Los resultados fueron similares a los reportados por Bello-Perez *et al.* (2014). El contenido de fibra cruda y cenizas fueron mayores en las harinas de tortillas de maíz tradicionales (HTMT), aunque las HTMC cumplen con la norma (NMX-F-046-S-1980 | *Enhanced Reader*, n.d.) para fibra cruda (máximo 2%). El contenido de cenizas de las HTMT y HTMC fue mayor que el estándar (máximo 1.5%).

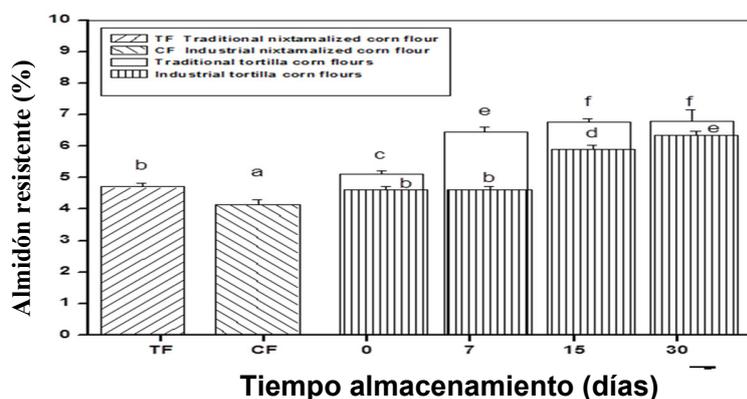
**Tabla 1. AQP en harinas de maíz y harinas de tortilla (g 100 g<sup>-1</sup>)**

Muestra	Humedad	Proteína	Grasa	Fibra cruda	Cenizas	ELN
TF	8.77 ± 0.05 <sup>a</sup>	7.40 ± 0.10 <sup>bcd</sup>	4.10 ± 0.05 <sup>a</sup>	2.60 ± 0.10 <sup>a</sup>	2.32 ± 0.10 <sup>a</sup>	74.81
CF	8.53 ± 0.05 <sup>bc</sup>	7.70 ± 0.10 <sup>a</sup>	3.12 ± 0.07 <sup>b</sup>	1.86 ± 0.15 <sup>b</sup>	1.51 ± 0.12 <sup>b</sup>	77.28
TF0	8.64 ± 0.10 <sup>ab</sup>	7.36 ± 0.05 <sup>cd</sup>	3.97 ± 0.11 <sup>a</sup>	2.65 ± 0.10 <sup>a</sup>	2.42 ± 0.17 <sup>a</sup>	74.96
CF0	8.64 ± 0.12 <sup>ab</sup>	7.64 ± 0.20 <sup>a</sup>	3.17 ± 0.07 <sup>b</sup>	1.86 ± 0.15 <sup>b</sup>	1.61 ± 0.11 <sup>b</sup>	77.08
TFR7	8.58 ± 0.01 <sup>abc</sup>	7.16 ± 0.25 <sup>d</sup>	3.92 ± 0.11 <sup>a</sup>	2.53 ± 0.20 <sup>a</sup>	2.32 ± 0.10 <sup>a</sup>	75.49
CFR7	8.54 ±	7.60 ± 0.10 <sup>abc</sup>	3.09 ±	1.96 ±	1.61 ±	77.20

	0.08 <sup>bc</sup>		0.07 <sup>b</sup>	0.15 <sup>b</sup>	0.12 <sup>b</sup>	
<b>TFR15</b>	8.44 ± 0.22 <sup>c</sup>	7.30 ± 0.10 <sup>d</sup>	4.20 ± 0.20 <sup>a</sup>	2.63 ± 0.10 <sup>a</sup>	2.25 ± 0.05 <sup>a</sup>	75.18
<b>CFR15</b>	8.57 ± 0.11 <sup>bc</sup>	7.63 ± 0.06 <sup>ab</sup>	3.13 ± 0.22 <sup>b</sup>	1.83 ± 0.25 <sup>b</sup>	1.64 ± 0.13 <sup>b</sup>	77.2
<b>TFR30</b>	8.66 ± 0.10 <sup>ab</sup>	7.33 ± 0.21 <sup>d</sup>	3.95 ± 0.07 <sup>a</sup>	2.70 ± 0.17 <sup>a</sup>	2.28 ± 0.03 <sup>a</sup>	75.08
<b>CFR30</b>	8.70 ± 0.10 <sup>ab</sup>	7.66 ± 0.15 <sup>a</sup>	3.20 ± 0.13 <sup>b</sup>	1.80 ± 0.17 <sup>b</sup>	1.67 ± 0.07 <sup>b</sup>	76.97

Los valores simbolizan la desviación estándar media (DE), n = 5. Las medias en columnas con letras diferentes difieren significativamente (p 0,05). ELN= extracto libre de nitrógeno. TF= harina tradicional, CF= harina comercial, TF0= tradicional sin refrigeración, CF0= comercial sin refrigeración, TFR (7, 15, 30) = tradicionales con refrigeración 7, 15 y 30 días, respectivamente, CFR (7, 15, 30) = comerciales con refrigeración 7, 15 y 30 días, respectivamente

El AR en la HMNT y las HTMT con y sin almacenamiento a 4 °C fue significativamente mayor (p ≤0.05) que en HMNC y HTMC (Figura 1). El incremento de AR fue de 8.49 y 11.6%, respectivamente, en la transformación de HNMT y HNMC. Santiago *et al.* (2015) describieron el aumento de AR de la HMN a la tortilla con el método tradicional, encontrando que existen tres tipos de AR en las tortillas: RS5 (complejos V-amilosa-lípido), RS3 (almidón retrogradado) y almidón nativo físicamente inaccesible (RS1).



**Figura 1. Contenido de almidón resistente en harinas de maíz tradicionales y comerciales y harinas de tortilla de maíz.**

Los valores representan la media ± desviación estándar (DE), n = 5. Las medias en barras con letras diferentes difieren significativamente (p ≤ 0.05)

El contenido de AR aumentó en función del almacenamiento a 4 °C, de 33.10 y 37.66% para las HTM tradicionales y comerciales, respectivamente, en comparación

con las muestras no refrigeradas. La disminución de AR en las HTMC se debe a la presencia de hidrocoloides y gomas añadidas a las HMNC que retardan la retrogradación del almidón (Neder *et al.*, 2016).

*Propiedades fisicoquímicas de las harinas de tortilla tradicionales y comerciales.* El IAA en las harinas nixtamalizadas, se relaciona con la alteración de la estructura cristalina del almidón durante el tratamiento termoalcalino, por lo que es un índice de la gelatinización. El ISA determina la cantidad de polisacáridos (dextrinas) liberados del gránulo que son solubles en agua, grandes valores de IAA e ISA implican una alta fragmentación y dextrinización del gránulo de almidón (Neder *et al.*, 2016; Yousef *et al.*, 2017). Se detectaron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) en los valores de IAA entre las HMNT y HMNC respectivamente, así como en las HTMT y HTMC, donde los valores más altos son para las harinas comerciales (Tabla 2).

**Tabla 2. Índice de absorción de agua (IAA) e índice de solubilidad en agua (ISA) de harinas de maíz nixtamalizadas y harinas de tortillas de maíz obtenidas por los métodos tradicionales e industriales.**

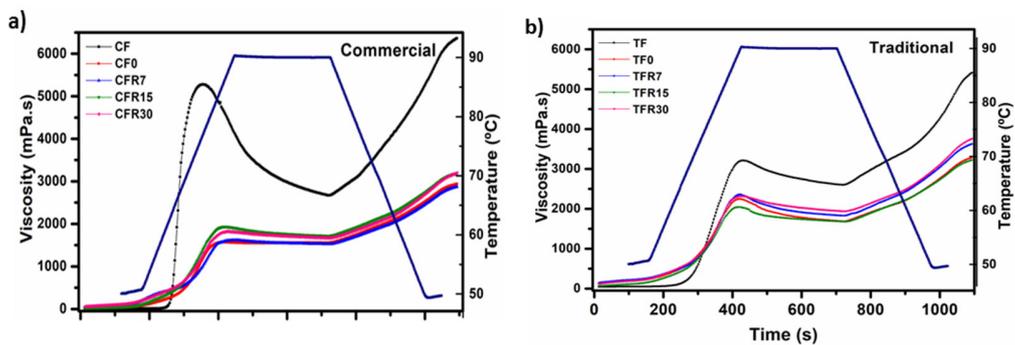
Muestra	IAA (%)	ISA (%)
TF	3.71 ± 0.17 <sup>a</sup>	4.69 ± 0.20 <sup>d</sup>
CF	4.86 ± 0.15 <sup>b</sup>	4.62 ± 0.17 <sup>cd</sup>
TF0	5.26 ± 0.22 <sup>c</sup>	3.71 ± 0.15 <sup>bc</sup>
CF0	5.72 ± 0.10 <sup>d</sup>	3.60 ± 0.13 <sup>b</sup>
TFR7	5.12 ± 0.10 <sup>bc</sup>	3.67 ± 0.17 <sup>b</sup>
CFR7	5.44 ± 0.20 <sup>d</sup>	3.50 ± 0.15 <sup>b</sup>
TFR15	4.96 ± 0.25 <sup>b</sup>	3.51 ± 0.12 <sup>b</sup>
CFR15	5.31 ± 0.20 <sup>c</sup>	3.41 ± 0.12 <sup>b</sup>
TFR30	4.91 ± 0.20 <sup>b</sup>	3.40 ± 0.10 <sup>b</sup>
CFR30	5.21 ± 0.27 <sup>c</sup>	2.30 ± 0.13 <sup>a</sup>

Los valores representan la desviación estándar media, n = 3. Las medias en columnas con letras diferentes difieren significativamente ( $p < 0.05$ ).

Se observó que, a mayor tiempo de almacenamiento en refrigeración, IAA e ISA disminuían significativamente ( $p \leq 0.05$ ) de 10.30 y 4.90%, respectivamente, en las HTMT, así como 6.99 y 14.72%, respectivamente en HTMC. Neder *et al.* (2016) informó una tendencia similar en extruidos de almidón de maíz almacenados a 4 °C. Esto por la formación de almidón resistente (Figura 1) debido a la re-asociación de

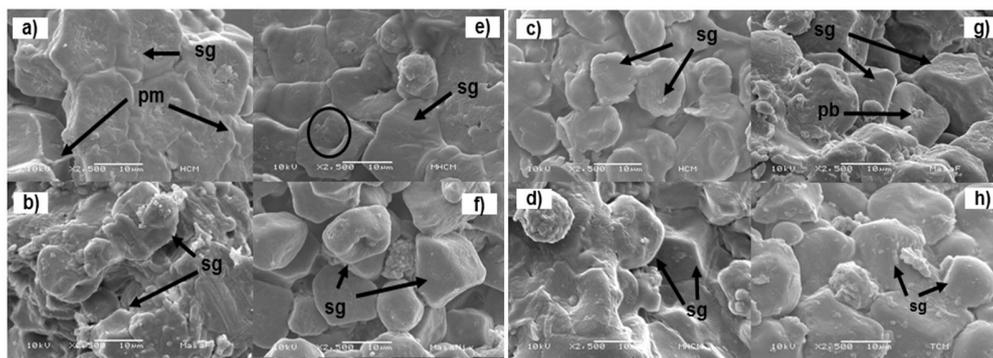
cadena de amilosa y amilopectina que facilita la recristalización (retrogradación) (Neder *et al.*, 2016; Santiago *et al.*, 2015).

El perfil de viscosidad en función del tiempo de almacenamiento a 4 °C se muestra en la Figura 2. Es evidente que CF exhibió una viscosidad pico más alta (5305.76 mPa\*s) en comparación con la observada en TF (3243.39 mPa\*s).



**Figura 2. Perfiles de viscosidad aparente de harinas tradicionales y harinas de tortilla obtenidas por los métodos (a) industrial y (b) tradicional sin refrigeración (TF, CF, TR0, CF0) y en refrigeración (4 °C) a diferentes períodos de tiempo (7, 15 y 30 días).**

El pico de viscosidad en las HTMT 2302.94 mPa\*s fue significativamente mayor ( $p \leq 0.05$ ) con respecto a la viscosidad pico en las HTMC 1789.16 mPa\*s, (Figura 2a). Esto significa que, en las HCTM, menos gránulos de almidón son susceptibles a la gelatinización. Los cambios morfológicos de HM y HTM se muestran en la Figura 3. En la HMNC se observan gránulos de forma poligonal sin daños y cubiertos con la matriz proteica (Figura 3a).



**Figura 3. Imágenes de microscopio electrónico de barrido (SEM) de harinas tradicional y harinas de tortilla de maíz comercial (a–d) y tradicional (e–h). (a) HMNC, (b) HTMC sin refrigeración, (c) HTMC a 4 °C 7 días, (d) HTMC a 4 °C 30 días, (e) HMNT, (f) HTMT sin refrigeración, (g) HTMT a 4 °C 7 días, (h) HTMT a 4 °C 30 días.**

La HMNT presenta gránulos de almidón de forma poligonal (Figura 3e); algunos de éstos, mostraron cavidades (círculo negro) y la matriz proteica no es visible lo que implica una solubilización parcial. Las Figuras 3b y 3f, HTMC y HMNT sin refrigeración, respectivamente, prueban una desagregación gradual de los gránulos de almidón debido a la molienda.

Las propiedades térmicas de HMN y las HTM con y sin refrigeración se presentan en la Tabla 3. Se encontraron tres eventos endotérmicos en las muestras, el primero corresponde a la gelatinización del almidón.

**Tabla 3. Propiedades térmicas de las harinas de maíz nixtamalizadas y las harinas de tortilla de maíz obtenidas por los métodos tradicionales e industriales.**

Muestra	Endoterma 1 (gelatinization)				Endoterma		Endoterma	
	To <sub>gel</sub> (°C)	Tp <sub>gel</sub> (°C)	Tf <sub>gel</sub> (°C)	ΔH <sub>gel</sub> (J/g)	To <sub>RS5I</sub> (°C)	ΔH <sub>RS5I</sub> (J/g)	To <sub>RS5II</sub> (°C)	ΔH <sub>RS5II</sub> (J/g)
TF	70.23 <sup>a</sup>	78.80	80.17 <sup>a</sup>	5.30 <sup>a</sup>	102.20	6.31 <sup>d</sup>	112.42 <sup>e</sup>	10.07 <sup>g</sup>
CF	65.19 <sup>b</sup>	67.30 <sup>b</sup>	69.28 <sup>b</sup>	4.04 <sup>b</sup>	100.20	5.19 <sup>e</sup>	107.18 <sup>f</sup>	8.69 <sup>h</sup>
TF0	64.14 <sup>b</sup>	65.98 <sup>c</sup>	69.28 <sup>b</sup>	4.19 <sup>b</sup>	103.66	7.50 <sup>c</sup>	124.17 <sup>d</sup>	12.63 <sup>f</sup>
CF0	63.22 <sup>b</sup>	64.64 <sup>c</sup>	67.02 <sup>c</sup>	3.19 <sup>c</sup>	102.30	5.84 <sup>d</sup>	126.47 <sup>d</sup>	12.87 <sup>f</sup>
TFR7	62.21 <sup>c</sup>	65.15 <sup>c</sup>	68.83 <sup>b</sup>	2.76 <sup>d</sup>	107.54	8.45 <sup>c</sup>	130.83 <sup>c</sup>	16.25 <sup>d</sup>
CFR7	58.89 <sup>d</sup>	60.19 <sup>e</sup>	63.08 <sup>c</sup>	2.14 <sup>d</sup>	104.65	6.20 <sup>d</sup>	128.34 <sup>d</sup>	14.64 <sup>e</sup>
TFR15	60.98 <sup>c</sup>	62.99 <sup>d</sup>	66.27 <sup>c</sup>	1.70 <sup>e</sup>	111.33	10.24 <sup>b</sup>	133.81 <sup>b</sup>	19.92 <sup>c</sup>
CFR15	57.68 <sup>d</sup>	59.15 <sup>e</sup>	61.18 <sup>d</sup>	1.38 <sup>e</sup>	110.79	7.66 <sup>c</sup>	130.19 <sup>c</sup>	17.43 <sup>d</sup>
TFR30	60.36 <sup>c</sup>	62.75 <sup>d</sup>	64.20 <sup>c</sup>	0.84 <sup>f</sup>	116.04	11.32 <sup>a</sup>	136.97 <sup>a</sup>	23.87 <sup>a</sup>
CFR30	56.64 <sup>d</sup>	58.61 <sup>e</sup>	60.34 <sup>d</sup>	0.73 <sup>f</sup>	114.25	9.34 <sup>b</sup>	135.91 <sup>a</sup>	21.84 <sup>b</sup>

Los valores representan la desviación estándar media (DE), n=3. Las medias en columnas con letras diferentes difieren significativamente (p 0,05). To<sub>gel</sub> = t de inicio, Tp<sub>gel</sub> = t de gelatinización, Tf<sub>gel</sub> = t final, ΔH<sub>gel</sub> = entalpía de gelatinización, To<sub>RS5I</sub> = t de fusión amilosa-lípido Tipo I, ΔH<sub>RS5I</sub> = entalpía de fusión amilosa-lípido Tipo I, To<sub>RS5II</sub> = t de fusión amilosa-lípido Tipo II, ΔH<sub>RS5II</sub> = entalpía de fusión amilosa-lípido Tipo II.

Hubo diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) en  $T_o$ ,  $T_p$ ,  $T_f$  y  $\Delta H$  de las harinas obtenidas por diferentes métodos de nixtamalización. El  $T_o$  (70,23 °C),  $T_p$  (78,15 °C) y  $T_f$  (80,17 °C) de TF fueron similares a los reportados por (Santiago-Ramos *et al.*, 2015) para la harina de maíz. La entalpía de gelatinización de CF (4.04 J g<sup>-1</sup>) fue significativamente menor ( $p < 0.05$ ) que en TF (5.30 J/g). Estos resultados coinciden con los reportados por Calderón *et al.* (2017). Encontrando que el  $\Delta H$  disminuye debido a la interacción hidrocoloide-almidón, aumentando la energía cinética y disminuyendo la entalpía. La retrogradación en almidones muestra entalpías y  $t$  de transición más bajas debido a una débil cristalinidad.

### Conclusiones

Las tecnologías simples para aumentar el contenido de ingredientes nutraceuticos en los alimentos y aprovechar el desperdicio es un desafío para la industria alimentaria. El almacenamiento refrigerado promovió el aumento del almidón resistente, la friabilidad de las tortillas deshidratadas, reduciendo el consumo de energía en la molienda de tortilla de maíz.

### Referencias

AACC International. (n.d.). *AACC International approved methods of analysis*. AACC International.

Anderson, R.A. (1982). *Water Absorption and Solubility and Amylograph Characteristics of Roll-Cooked Small Grain Products*. *Cereal Chemistry*, 59(4): 265-269.

AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis*. 17th Edition, The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA. Methods 925.10, 65.17, 974.24, 992.16.

Bello, P.L.A., Flores, S.P.C., Agama, E., de Dios, F.C.J., Lopez, V.J.A., Campanella, O.H. (2014). *Effect of the nixtamalization with calcium carbonate on the indigestible*

*carbohydrate content and starch digestibility of corn tortilla.* Journal of Cereal Science, 60(2): 421-425.

Calderón, P.C.V., Jiménez, H.J., Maldonado, A.Y.I., Flores, .V., Arámbula, V.G., Salazar, R. (2017). *Influence of Hymenaea courbaril gum as a new additive on nixtamalized flour properties and quality of tortilla.* Journal of Food Process Engineering, 40(5): e12525.

Cornejo. V.M.A., Rincón, L.N., Del Real, L.A., Rodríguez, G.M.E. (2018). *The effect of Ca<sub>2+</sub> ions on the pasting, morphological, structural, vibrational, and mechanical properties of corn starch–water system.* Journal of Cereal Science, 79: 174-182.

Kahan, S., Zvenyach, T. (2016). *Obesity as a Disease: Current Policies and Implications for the Future.* Current Obesity Reports, 5(2): 291-297.

Mikulíková, D., Masár, S., Kraic, J. (2008). *Biodiversity of Legume Health-promoting Starch.* Starch - Stärke, 60(8): 426-432.

Neder, S.D., Amaya, G.C., Quintero, R.A., Pérez, C.E., Alanís, G.M., Báez, G.J., García, D.C., Núñez, G.M., Lardizábal, G.D., Jiménez, C.J. (2016). *Physicochemical Changes and Resistant-Starch Content of Extruded Cornstarch with and without Storage at Refrigerator Temperatures.* Molecules, 21(8): 1064.

NMX-F-046-S-1980. (n.d.). *Harina de Maíz Nixtamalizado norma Mexicana.* Recuperado el 28 de febrero de 2020, de: <https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-046-S-1980.PDF>.

Rincón, L.N., Vega, R.L.J., Contreras, P.M., Acosta, O.A.A., Rodríguez, G.M.E. (2016). *Analysis of the pasting profile in corn starch: Structural, morphological, and thermal transformations, Part I.* International Journal of Biological Macromolecules, 91: 106-114.

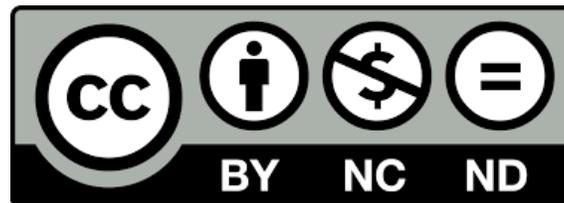
Rojas, M.I., Gutierrez, C.E., Palacios, F.A., Baños, L., Pons, H.J.L., Guzmán, M.S.H.,



D. R. © UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

Excepto donde se indique lo contrario esta obra está bajo una licencia Creative Commons Atribución No comercial, No derivada, 4.0 Internacional (CC BY NC ND 4.0 INTERNACIONAL).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



#### ENTIDAD EDITORA

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

Av. Universidad 3000, Universidad Nacional Autónoma de México, C.U., Delegación Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México.

#### FORMA SUGERIDA DE CITAR:

Cornejo-Villegas, M. A., Gutiérrez-Cortez, E., Zambrano-Zaragoza, L., Del Real-López, A., Rojas-Molina, I., Mendoza-Avila, M., y Rodríguez-García, M. (2020). Almidón resistente y propiedades fisicoquímicas de las harinas y de tortilla de maíz refrigeradas a diferentes tiempos de almacenamiento. *MEMORIAS DEL CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA (CONATEC)*, Año 3, No. 3, septiembre 2020 - agosto 2021. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM.

[https://tecnicosacademicos.cuautitlan.unam.mx/CongresoTA/memorias2020/mem2020\\_paper25.html](https://tecnicosacademicos.cuautitlan.unam.mx/CongresoTA/memorias2020/mem2020_paper25.html)