

Tortilla nutracéutica fermentada de harina de trigo, y sus potenciales usos en obesidad y desnutrición

N. Guerrero-Olvera¹, Y.M. Vargas-Rodríguez², J. Espinoza-Raya⁴, G.I. Vargas-Rodríguez², M.L. Zambrano-Zaragoza³, R. Gómez-Pliego^{1,*}

¹Departamento de Ciencias Biológicas, ²Departamento de Ciencias Químicas, ³Departamento de Ingeniería y Tecnología, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán-Universidad Nacional Autónoma de México, Campo No. 1. Av. 1 de mayo S/N, Colonia, Sta. María Las Torres, Cuautitlán Izcalli, Estado de México, México. C.P. 54740. ⁴Laboratorios de Farmacología Conductual, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, Escuela Superior de Medicina, Instituto Politécnico Nacional, Plan de San Luis y Díaz Mirón s/n, CP.11340, Ciudad de México. . *ragopli@yahoo.com.mx.

RESUMEN:

Actualmente en México se presentan dos grandes problemas de salud pública resultado de una mala alimentación, cuando esta es excesiva deriva en obesidad y sobrepeso y si es deficiente se presenta la desnutrición. Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico reportó que México ocupa el primer lugar a nivel mundial en obesidad infantil; mientras que en el 2012, la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición, declaró que en México la desnutrición y la mal nutrición existen. En la búsqueda de estrategias que mitiguen el impacto causado por estas dos patologías y considerando que en México uno de sus alimentos básicos es la tortilla, se formuló y desarrolló una tortilla de harina de trigo nutracéutica fermentada y fortificada con probióticos, prebióticos, proteína, calcio y ácido fólico. Los resultados mostraron alto contenido proteico, fibra, bajo contenido en grasas, la textura y el análisis sensorial fueron de gran aceptabilidad para el consumidor e inocua de acuerdo a resultados microbiológicos. La fermentación láctica le confiere características especiales de sabor, aroma y no requiere de conservadores por el ácido láctico formado, pudiendo ser una alternativa para comunidades alejadas, donde la obesidad, la desnutrición y la falta de servicios (eléctricos) es una constante.

Palabras clave: Tortillas, probióticos, alimento-nutraceutico. **Área:** Desarrollo de Nuevos Productos

ABSTRACT:

Currently in Mexico there are two major public health problems resulting from poor diet, when this is excessive obesity and overweight and when malnourished; malnutrition. According to the Organization for Economic Co-operation and Development, Mexico ranks first in the world in childhood obesity; while in 2012, the National Health and Nutrition Survey stated that in Mexico malnutrition and malnutrition exist. In the search for strategies to mitigate the impact caused by these two pathologies and considering that in Mexico one of its basic foods is the tortilla, in this work was formulated and developed a tortilla nutraceutical wheat flour fermented and fortified with probiotics, prebiotics, protein, calcium and folic acid. The results showed a high protein content, fiber, low fat content, texture and sensorial analysis were highly acceptable for the consumer and safe according to microbiological results. Lactic fermentation confers special characteristics of flavor, aroma and does not require conservative by the lactic acid formed, and may be an alternative for remote communities, where obesity and malnutrition and lack of (electric) services is a constant.

Keywords: Tortillas, nutraceutical-foods, probiotics.

INTRODUCCIÓN

Actualmente en México se presentan dos grandes problemas de salud pública derivadas de una mala alimentación, cuando esta es excesiva deriva en obesidad y sobrepeso y cuando es deficiente se presentan problemas de desnutrición.

La obesidad es uno de los mayores y principales problemas de salud pública que no solamente afecta a los adultos sino también a la población infantil. México ocupa el primer lugar a nivel mundial de obesidad infantil y el segundo lugar en obesidad en adultos según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 2014, Hernández-Ávila et al., 2013). La prevalencia de sobrepeso y obesidad en 2012, presentó el 73% de las mujeres adultas, el 69% de los hombres adultos y más del 30% de los niños y adolescentes tenían sobrepeso u obesidad (Instituto Nacional de Salud Pública, 2012; Barquera et al., 2013), (**Figura 1**).

Aunque la epidemia de obesidad es causada por factores múltiples y complejos, definitivamente la dieta es un factor fundamental así como el consumo de bebidas azucaradas y la falta de ejercicio (Malik et al., 2006; Vartanian et al., 2007). Debido a los nuevos estilos de vida de la población tan acelerados, el consumo de alimentos de rápida y fácil preparación ha aumentado de manera considerable en los últimos años, prevaleciendo un incremento en la ingesta de alimentos hipercalóricos que son ricos en grasa, sal y azúcares, pero pobres en proteína, fibra, vitaminas, minerales y otros micronutrientes, ocasionado problemas de sobrepeso, obesidad o desnutrición; este último es otro de los padecimientos que afectan al país. La desnutrición aguda es definida como aquella en la que se tiene un peso inferior para la talla o baja talla para la edad (Rivera et al., 2013). Esta se define como las afecciones que ocurren cuando el organismo no recibe o absorbe los nutrimentos suficientes. De acuerdo con ENSANUT 2012, en todo México, el 2.8% de los menores de cinco años de edad presentan bajo peso, 13.6% muestran baja talla y 1.6% desnutrición aguda (**Figura 2**).

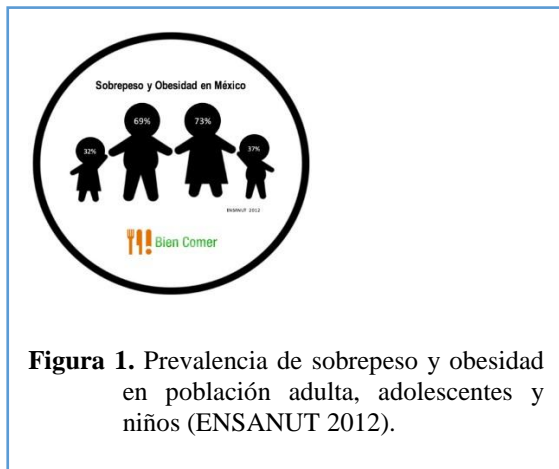


Figura 1. Prevalencia de sobrepeso y obesidad en población adulta, adolescentes y niños (ENSANUT 2012).

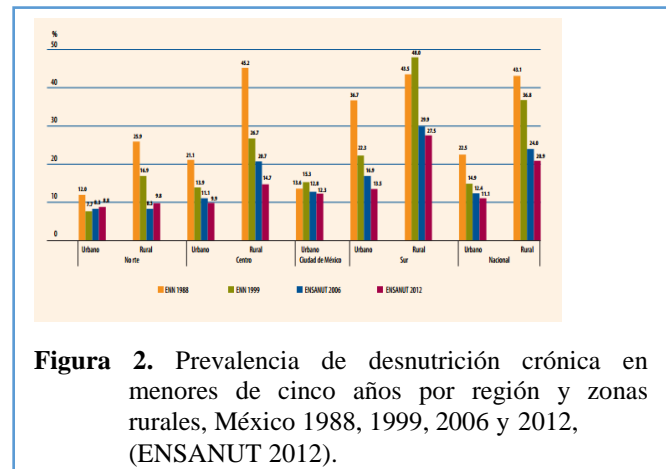


Figura 2. Prevalencia de desnutrición crónica en menores de cinco años por región y zonas rurales, México 1988, 1999, 2006 y 2012, (ENSANUT 2012).

nutricional, destinadas a promover formas de vida saludables. Dentro de los alimentos recomendados para mantener una buena salud se encuentran los conocidos como funcionales o nutraceuticos, los cuales han demostrado científicamente que presentan un efecto benéfico en una o varias funciones del organismo; de manera que proporcionan un mejor estado de salud y bienestar en quién los ingiere. , la industria de alimentos se ha enfocado aporten sustancias que mejoren la salud o prevengan el riesgo de algunas enfermedades en los consumidores, lo que es conocido como alimento funcional (Illanes, 2015). Con el propósito de dar una alternativa de solución a los problemas derivados de estas dos patologías, el presente trabajo tiene como objetivo, formular y desarrollar una tortilla de harina de trigo fermentada con probióticos: bacterias lácticas (*Lactobacillus plantarum* y *Lactobacillus casei shirota*, *Lactobacillus bulgaricus*) y por la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, fortificada con fructanos tipo inulina (fibra insoluble), con proteína de leche, calcio, ácido fólico, ácidos grasos monoinsaturados (aceite de oliva), libre de conservadores, con un alto valor nutrimental y sobre todo que mantenga sus propiedades probióticas y prebióticas después de la cocción, cabe resaltar que un producto con éstas características no existe en el mercado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales y reactivos utilizados en este trabajo fueron marca Sigma Aldrich, y los medios de cultivos fueron marca Becton Dickinson. Para dar cumplimiento al objetivo planteado en el presente trabajo se realizó la siguiente metodología.

Formulación y preparación de tortilla de harina de trigo. Se formuló y elaboró tortillas de harina de trigo nutracéutica fermentada con bacterias y levaduras fortificada con fibra, proteínas, ácido fólico y calcio, se adicionaron 1×10^8 UFC/g de masa, se pesaron y mezclaron todos los ingredientes secos, se adicionó aceite seguido del preinóculo, se amasó hasta formar una masa libre de grumos, homogénea, suave y elástica. Se formaron bolas de masa de 28 ± 0.3 g de peso, y se dejó reposar de 3.0 a 4.0 horas (Hansen and Hansen, 1994) a temperatura ambiente (22 a 25 °C), transcurrida la fermentación se prensaron las bolas de masa hasta alcanzar un diámetro de tortilla de 14-15 cm, la temperatura de cocción fue de 60 a 65 °C, durante 15 a 20 segundos de cada lado, el peso final de las tortillas después de la cocción fue de 25 ± 1.0 g.

Determinar la vida de anaquel del producto. Para este análisis se empacaron 10 tortillas por bolsa de polietileno herméticas, se dejaron 5 paquetes de tortilla a temperatura ambiente y 5 en refrigeración. Se formaron 8 grupos de tortillas y se evaluó la vida de anaquel y los cambios presentados en el perfil de la textura a diferentes tiempos (0, 3, 6, 9, 12, 15, 16, 21, 24, 27 y 30).

Análisis de perfil de textura. Se realizaron , medida como la distancia de ruptura, se utilizó un texturómetro marca Brookfield, modelo CT3, celda de carga de 4500 g, estas determinaciones se hicieron con tortillas recién elaboradas a temperatura ambiente a los tiempos mencionados arriba. Los resultados de estas pruebas se expresaron en miliJoule (mJ) y se muestran en la **Tabla I**.

Prueba de rolabilidad. Para realizar esta prueba se utilizó una plataforma con un cilindro rotativo con el accesorio TA-TRF. Esta prueba se llevó a cabo en las tortillas recién elaboradas, a temperatura ambiente (20 ± 2 °C).

Prueba de tensión. El accesorio usado para ésta prueba son mordazas tipo Volodkevich (TA-DGA). La muestra es previamente cortada en forma de probeta. Se obtiene el resultado en unidades de miliJoule (mJ).

Distancia de ruptura. Una vez conocida la fuerza de tensión se calculó la distancia de ruptura recorrida hasta el corte de la pieza (mm), expresada como extensibilidad.

Análisis Físicos-químico. Se determinó el pH a diferentes tiempos de elaboración de las tortillas, a partir del día cero y posteriormente cada 3 días hasta los 30 de almacenamiento. El equipo usado para este análisis fue un Potenciómetro marca HANNA, modelo pH 213.

Análisis Químico Proximal. proximal de las muestras de tortillas se determinó, el porcentaje de humedad, contenido de carbohidratos, proteína, fibra, grasa, calcio, ácido fólico y minerales.

920.151 (AOAC, 2005), a diferentes tiempos de almacenamiento, a partir del día cero y posteriormente cada 3 días hasta los 30 días de almacenamiento. La proteína por el método 920.87 (AOAC, 2005). La grasa por el método 920.85 (AOAC, 2005). La fibra por el método 992.16 (AOAC 2005). El calcio por el método 991.25 (AOAC 2005). *Minerales.* El método usado fue 930.05 (AOAC 2005).

Ácido fólico. Para la determinación de ácido fólico se realizó en un equipo Waters 515 acoplado a un detector Waters UV-Vis 2487 (λ , 254 nm) y a un detector de Fluorescencia Waters 454. La separación del ácido fólico se realizó con una columna Thermo Scientific Hypersil ODS (150 x 4.6mm). Los carbohidratos digeribles totales fueron calculados por diferencia.

Análisis Microbiológicos. Para evaluar la inocuidad de las tortillas se realizaron los análisis microbiológicos establecidos en la Norma Oficial Mexicana NM-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.

sensorial. La prueba sensorial fue aplicada a 50 panelistas seleccionados al azar no entrenados de la FESC-1, UNAM, de edades entre 18 a 57 años, la escala de evaluación hedónica fue de 1-7 (donde la máxima puntuación era 7 y la mínima 1).

Análisis estadístico. Se utilizó un tamaño de muestra de $n=5$, todos los datos se presentan como la media +/- del error estándar, la rolabilidad, tensión, distancia, tiempo de vida media fue calculada usando un análisis de varianza unifactorial (ANOVA) de medidas repetidas, seguida por una prueba Post Hoc de Student Newman-Keuls, las diferencias fueron consideradas significativas cuando ($p < 0.05$). Las pruebas estadísticas se realizaron utilizando el programa Sigma Plot 13 (Jandel Corp., SPSS Inc., San Rafael, CA, USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fermentación de la masa. Después de la doble fermentación (por levaduras y BAL) se obtuvo una masa suave, esponjosa por CO₂ formado durante su fermentación por las levaduras y elástica con un aroma característico de los ácidos de tipo orgánico (láctico, propiónico, etc) y la mezcla de compuestos aromáticos (diacetilo y acetaldehído). La elasticidad es debida a la formación de una red de polisacáridos por la gelatinización del almidón y junto con la gliadina y glutenina le confieren elasticidad a la masa. El calcio es un estabilizador sintético, potenciador de sabor, retiene humedad y mejora la textura de los alimentos, dándole a la masa estabilidad durante la cocción y almacenamiento, mientras que, el ácido láctico además de contribuir al aroma del producto final, junto con ácidos orgánicos y bacteriocinas, producidos durante las fermentaciones, así como al disminuir el pH incrementan la vida de anaquel de las tortillas (45 días) a temperatura ambiente y hasta tres meses en refrigeración, otra característica es que no se utilizaron conservadores durante su elaboración (Martínez y Gómez, 2017), **Figura 3.**

En la **Tabla I**, se muestran los cambios fisicoquímicos presentados en las tortillas a diferentes tiempos, en donde se observa que la humedad se mantiene sin cambios a lo largo del tiempo (30 días).

resequedad y endurecimiento (Fernández y Bárcenas, 2011). El hecho de que no existan cambios significativos en el contenido de humedad pudiera relacionarse con el uso de sólidos de suero de leche de los cuales existen reportes que indican que estos mejoran las propiedades físicas y funcionales de diversos alimentos, incrementan la viscosidad, favorecen la formación de emulsiones, mejoran la textura, evitando la pérdida de humedad y lo más importante incrementan el valor nutricional. En el caso de la rolabilidad de las tortillas esta se relaciona con la flexibilidad de las tortillas y esta se mantiene estable por un periodo de 21 días, después existen cambios significativos en esta propiedad, sin embargo si estas se humedecen con agua antes de ser calentadas, recuperan humedad y su rolabilidad. La prueba de rollabilidad o enrollado permite conocer la fuerza que se necesita para enrollar la tortilla sin quebrarse y formar el taco, entre más suave y flexible sea la tortilla esta se enrollará con mayor facilidad. La tensión se mantiene sin cambios significativos hasta los 21 días, esta prueba se realiza para determinar el peso del alimento que soportará la tortilla al hacer el taco, el hecho de que la rolabilidad se mantenga sin cambios durante 21 días soporta lo que se ha comentado con anterioridad, que durante la fermentación láctica y alcohólica se forma una masa elástica y suave, uniforme y esponjosa, la distancia de ruptura se modifica a los 9 días.

Tabla I. Perfil de textura (rolabilidad, tensión, distancia humedad y pH de la tortilla de harina de trigo Nutraceútica y doblemente fermentada. Análisis de varianza unifactorial (ANOVA) de medidas repetidas, seguida por una prueba post hoc de Student Newman-Keuls, las diferencias fueron consideradas significativas cuando ($p < 0.05$). Las pruebas estadísticas se realizaron utilizando el programa Sigma Plot 13 (Jandel Corp., SPSS Inc., San Rafael, CA, USA). Literales diferentes, $p < 0.05$.

Tiempo de almacenamiento (Días)	Rolabilidad (mJ)	Tensión (mJ)	Distancia (mm)	Humedad (%)	pH
0	16.842±0.787 (a)	19.195±0.962 (a)	9.00±0.374 (a)	23.266±0.742 (a)	6.20±0.549 (a)
3	18.357±0.675 (a)	18.648±0.588 (a)	8.00±0.633 (a)	23.262±0.319 (a)	6.08±0.367 (a)
6	18.616±1.485 (a)	18.488±0.625 (a)	6.00±0.316 (a)	24.002±0.001 (a)	6.16±0.687 (a)
9	19.563±0.754 (a)	18.407±0.862 (a)	4.75±0.245 (b)	21.930±0.581 (a)	6.12±0.437 (a)
12	19.690±0.670 (a)	18.390±0.305 (a)	4.66±0.374 (b)	21.881±0.468 (a)	6.09±0.570 (a)
15	20.037±0.724 (a)	18.373±1.248 (a)	4.33±0.250 (b)	21.251±0.002 (a)	6.01±0.419 (a)
18	20.913±0.588 (b)	17.057±1.031 (a)	4.33±0.010 (b)	20.982±0.234 (a)	6.04±0.626 (a)
21	21.937±1.120 (b)	14.072±0.986 (b)	3.50±0.239 (b)	20.840±0.264 (a)	5.98±0.433 (a)
24	24.443±1.864 (b)	14.040±0.775 (b)	4.25±0.367 (b)	20.880±0.832 (a)	5.92±0.386 (a)
27	25.275±1.289 (b)	13.738±0.956 (b)	3.25±0.354 (b)	20.400±0.567 (a)	5.65±0.433 (a)
30	28.340±1.599 (c)	13.143±0.756 (b)	3.01±0.461 (b)	20.320±0.213 (a)	5.23±0.316 (a)

Gerrard et al., 2001, reportó que el gluten presente en la harina de trigo al ser hidrolizado por BAL mejora las características sensoriales: sabor, aroma, color y apariencia, sensación en la boca, siguiendo este contexto en la **Tabla II** se presentan los resultados de la evaluación sensorial realizada a muestras de tortilla recién elaboradas, en donde se puede apreciar que las puntuaciones fueron altas de 6 a 7, los evaluadores comentaron que las tortillas tenían un sabor y aroma muy agradables.

Tabla II. Resultados del análisis sensorial a todos los evaluadores, n=50.	
Parámetro sensorial	Tortilla de harina de trigo nutraceutica
Textura	7
Color y apariencia	7
Olor	7
Sabor	7
Sensación en la boca	6
Aceptabilidad General	7

En la **Figura 3**, se presenta una fotografía de la parte interna de una tortilla de harina de trigo fermentada, tomada por microscopio de barrido JEOL JSM- 6010LA, a 19 Kv a una distancia de trabajo de 16 mm y un haz de 26. Barra de 10 μm X 1500 A. en donde se puede apreciar la hidrólisis de los gránulos de almidón, los microorganismos probióticos y el CO_2 atrapado en la masa de las tortillas.

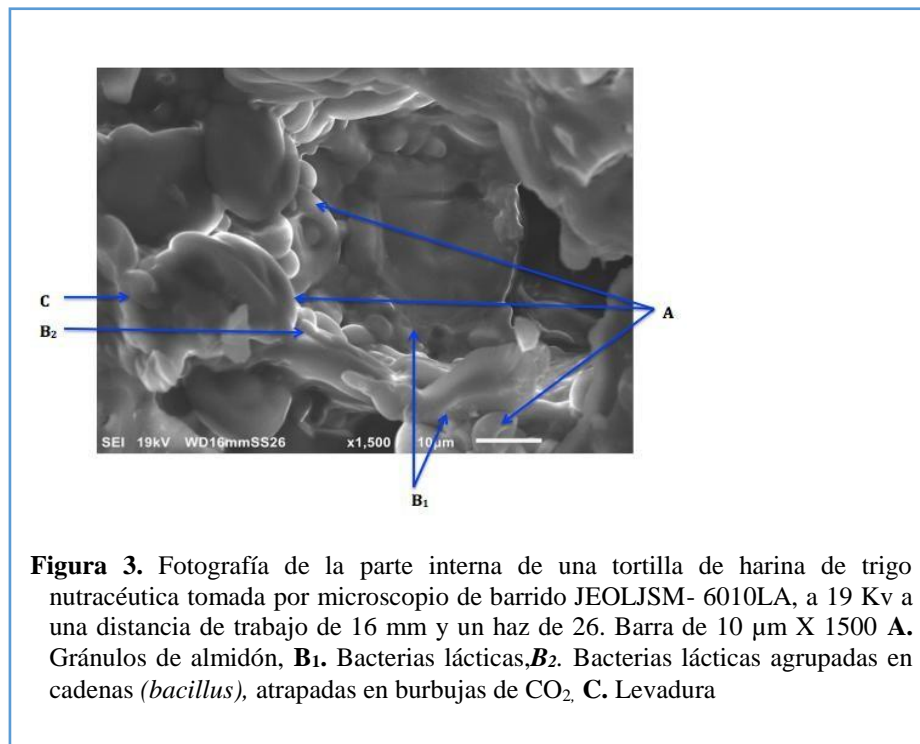


Figura 3. Fotografía de la parte interna de una tortilla de harina de trigo nutraceutica tomada por microscopio de barrido JEOLJSM- 6010LA, a 19 Kv a una distancia de trabajo de 16 mm y un haz de 26. Barra de 10 μm X 1500 A. Gránulos de almidón, **B₁**. Bacterias lácticas, **B₂**. Bacterias lácticas agrupadas en cadenas (*bacillus*), atrapadas en burbujas de CO_2 , **C**. Levadura

En la **Tabla III** se muestran los resultados comparativos entre una tortilla nutraceutica y una tortilla comercial, en los resultados se puede apreciar que la tortilla nutraceutica tiene un aporte proteico alto, y contiene fibra a diferencia de la tortilla comercial que carece de éste en su composición, además que proporciona calorías vacías, es decir, el aporte de nutrientes es bajo e insuficiente. Por lo tanto el consumo de la tortilla nutraceutica puede beneficiar a las personas con problemas de obesidad o sobrepeso por su contenido de proteína, fibra, y grasa del tipo insaturadas benéficas a la salud y bajo aporte calórico. Así como también se puede dar una solución a los problemas de desnutrición por su contenido proteico alto.

Tabla III. Análisis químico proximal de la tortilla nutraceutica y su comparación nutrimental con la tortilla de harina de trigo de mayor consumo en los hogares mexicanos.

Componente	Tortilla nutraceutica Por cada 100 g	Tortilla nutraceutica Por porción de 25±1 g	Tortilla comercial Por cada 100 g	Tortilla comercial porción de 25±1 g
Proteína	10.0	2.80	7.75	1.9
Fibra	3.88	1.0	0	0
Grasa	4.0	1.032	9.68	2.5
Saturada	1.37	0.361	5.81	1.5
Insaturada	2.63	0.68	3.87	1.0
Minerales	0.477	0.123	--	--
Acido Fólico (µg)	34.2	8.82	23.25	5.81
Calcio (mg)	49.223	11.85	23.25	6
Carbohidratos	45.93	12.56	50.388	13
Calorías	266.7	68.8	310.078	80

Finalmente en este proyecto se formuló y elaboró un alimento nutraceutico que actualmente no existe en el mercado (doble fermentación), con un alto valor nutrimental, bajo en calorías, libre de conservadores y estabilizadores, pero sobre todo con el valor agregado que le da la presencia de microorganismos probióticos, y fibras insolubles (prebióticos), benéficos para la salud del consumidor, que contribuya a mitigar la desnutrición y obesidad que se sufre en nuestro país y que pueda ser almacenada sin pérdida de nutrientes, fresca, sabor y aroma.

BIBLIOGRAFÍA

- Association of Official Analytical Chemist. AOAC (2000). Gaithersburg, MD, USA.
- Fernández-Luna M. and Bárcenas-Pozos M. E. (2011). Envejecimiento del pan: causas y soluciones. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*. 5-2: 40-53.
- Gerrard J. A., Fayle S. E., Brown P. A., Sutton K. H., Simmons L. and Rasiah I. (2001). Effects of Microbial Transglutaminase on the Wheat Proteins of Bread and Croissant Dough. *Journal of Food Science*, 66, 782-786.
- Hansen, A. and Hansen, B. (1994). Influence of wheat flour type on the production of flavors compounds in wheat sourdoughs. *Journal of Cereal Science*, 19, 185-190.
- Liu T., Hou G. G., Cardin M., Marquart L. and Dubat A. (2017). Quality attributes of whole-wheat flour tortillas with sprouted whole-wheat flour substitution. *Food Science and Technology*, 77, 1-7.
- Martínez M. M and Gómez M. (2017). Rheological and microstructural evolution of the most common gluten-free and starches during bread fermentation and baking. *Journal of Food Engineering*. 197, 78-86.
- Rivera-Dommarco J. A., Cuevas-Nasu L., González-Cosío T., Shamah-Levy T., & García-Feregrino R. (2013). Desnutrición crónica en México en el último cuarto de siglo. *Salud pública de México*, 55, 161-169.

- Sánchez-Castillo C.P., Pichardo-Ontiveros E., & López-R. P. (2004). Epidemiología de la obesidad. Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición. Gaceta Médica de México, 140, 161-169.
- Serna-Saldivar S.O., Rooney L.W. and Waniska R.D. (1988). Wheat flour tortilla production. Cereal Foods World. 33: 855-864.