

## Evaluación de la calidad de tortilla de maíz adicionada con harina de avena (*Avena Sativa* L.) nixtamalizada\*

### Quality assessment corn tortilla added with oatmeal (*Avena sativa* L.) nixtamalized

Isaí Cortes Soriano<sup>1</sup>, María Ofelia Buendía González<sup>1</sup>, Natalia Palacios Rojas<sup>2</sup>, Eliel Martínez Cruz<sup>3§</sup>, Héctor Eduardo Villaseñor Mir<sup>3</sup> y René Hortelano Santa Rosa<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Agroindustrial-Universidad Autónoma Chapingo. (isai\_205@hotmail.com; ofeliabg@hotmail.com). <sup>2</sup>Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. 56130. El Batán, Texcoco, Estado de México. (n.palacios@cgiar.org). <sup>3</sup>Campo Experimental Valle de México-INIFAP. (villaseñor.hector@inifap.gob.mx, hortelano.rene@inifap.gob.mx). <sup>§</sup>Autor para correspondencia: martinez.eliel@inifap.gob.mx.

#### Resumen

El consumo excesivo de harinas refinadas y refrescos es uno de los factores por los cuales hoy la población mexicana ocupa los primeros lugares en sobrepeso y obesidad a nivel mundial. El desarrollo y promoción del consumo de alimentos con mejor balance nutricional puede contribuir a revertir esta tendencia, al utilizar procesos y alimentos tradicionales de la cultura mexicana, como lo es la nixtamalización, y no solo de maíz, sino de otros granos con propiedades nutricionales reconocidas. El objetivo de esta investigación fue elaborar tortillas de mezclas de harina de maíz nixtamalizado (HMN) con harina de avena nixtamalizada (HAVN), realizar su análisis bromatológico y evaluar su calidad sensorial. La HAVN se obtuvo de la variedad Obsidiana y la HMN fue de la marca MINSA<sup>®</sup>. Las mezclas evaluadas de HAVN:HMN fueron 10:90, 20:80, 30:70 y 40:60 %, respectivamente. La calidad de la tortilla se midió con base en el diámetro (cm), espesor (mm), el peso de tortilla caliente y fría (g), la rolabilidad, el rendimiento de la tortilla caliente y fría y la colorimetría. Adicionalmente se realizó un análisis bromatológico a las tortillas. La evaluación sensorial se realizó mediante una prueba de aceptabilidad global y por atributos, usando escalas hedónicas. Se encontraron diferencias significativas

#### Abstract

The excessive intake of refined flour and soda is one of the factors by which the Mexican population today occupies the first places in overweight and obesity worldwide. The development and promotion of foods with better nutritional balance can help to reverse this trend, using processes and traditional food of Mexican culture, as is nixtamalization, not just from corn, but other grains with recognized nutritional properties. The objective of this research was to make tortillas mixtures nixtamalized corn flour (HMN) with nixtamalized flour oats (HAVN), perform their chemical composition analysis and evaluate their sensory quality. The HAVN was obtained from the variety Obsidiana and HMN was the brand MINSA<sup>®</sup> brands. The HAVN:HMN mixtures evaluated were 10:90, 20:80, 30:70 and 40:60% respectively. The quality of the tortilla is measured based on the diameter (cm), thickness (mm), the weight of the tortilla hot and cold (g), the rollability, the performance of the hot and cold tortilla and colorimetry. Additionally a compositional analysis was made tortillas. Sensory evaluation was performed using a test of overall acceptability and attributes, using hedonic scales. The found significant differences between the mixtures, for weight of the tortilla hot and cold, cold and light performance. The tortillas spiked with 40% HAVN

\* Recibido: junio de 2016  
Aceptado: agosto de 2016

entre las mezclas, para peso de la tortilla caliente y fría, rendimiento de tortilla fría y luminosidad. Las tortillas adicionadas con 40% de HAVN presentaron altos contenidos de proteína y fibra, pero menos aceptabilidad; mientras las de 10 y 20% presentaron mejor aceptabilidad, sabor, textura y contenido mayor de proteína comparado con las de HMN.

**Palabras clave:** aceptabilidad, calidad de la tortilla, contenido de proteína, harina de avena nixtamalizada.

## Introducción

En México el sobrepeso y la obesidad afectan a 71.3% de los adultos y 34% de los infantes y adolescentes (Barquera *et al.*, 2013). Esto entre otros, debido a la pérdida del balance entre la ingesta y gasto de energía. De acuerdo con Denova *et al.* (2010) algunos de los factores de riesgo asociados con la obesidad, en la población mexicana, son el consumo excesivo de harinas refinadas, refrescos y tortillas de maíz acompañadas de alimentos ricos en calorías y grasas. Por lo que una de las recomendaciones para prevenir la obesidad y sobrepeso es incrementar el consumo de granos enteros de cereales y otros granos altos en fibra (Kristensen *et al.*, 2012; Barquera *et al.*, 2013).

A nivel mundial el consumo de grano de avena (*Avena sativa* L.) se asocia con un efecto nutracéutico (Daou y Zhang, 2012); es decir, que tiene un efecto favorable sobre la salud del consumidor, al reducir las lipoproteínas de baja densidad (colesterol asociado con enfermedades del corazón), debido a la fibra soluble del grano (Tiwari y Cummins, 2011). Además, el grano de avena presenta mayor contenido de proteína (Ortiz *et al.*, 2013), comparado con el maíz y trigo, que son los de mayor consumo en México. Alrededor de 85% de las proteínas de avena son globulinas (Colyer y Luthe, 1984), las cuales tiene mayor concentración del aminoácido esencial lisina, por lo que son de mayor valor nutricional. De tal modo que los alimentos adicionados con grano o harina de avena son una opción para diversificar los productos alimenticios y ofrecer al consumidor alternativas de consumo. A pesar de las características referidas del grano de avena, en nuestro país, 90% de su uso es como forraje, y para consumo humano asciende a 2 kg per cápita, mientras que el consumo de maíz y trigo, como tortillas y pan es de 78.5 y 38.3 kg per cápita, respectivamente (CANIMOLT, 2013).

had high content of protein and fiber, but less acceptability; while 10 and 20% had better acceptability, taste, texture and higher protein content compared to the HMN.

**Keywords:** acceptability, nixtamalized flour porridge, protein content, tortilla quality.

## Introduction

In Mexico overweight and obesity affects 71.3% of adults and 34% of infants and adolescents (Barquera *et al.*, 2013). This among others, due to loss of balance between energy intake and energy expenditure. According to Denova *et al.* (2010) some of the risk factors associated with obesity, in the Mexican population, are excessive consumption of refined flour, soda and corn tortillas accompanied by foods rich in calories and fat. So one of the recommendations to prevent obesity and overweight is increasing consumption of whole grains and other high fiber grains (Kristensen *et al.*, 2012; Barquera *et al.*, 2013.).

The worldwide consumption of oat (*Avena sativa* L.) is associated with a nutraceutical effect (Daou and Zhang, 2012); i.e., which has a favorable effect on the health of consumers by reducing low-density lipoprotein (associated with heart disease cholesterol), because of the soluble fiber grain (Tiwari and Cummins, 2011). In addition, the oat has higher protein content (Ortiz *et al.*, 2013), compared to corn and wheat, which are the most consumed in Mexico. About 85% of oat proteins are globulins (Colyer and Luthe, 1984), which it has higher concentration of the essential amino acid lysine, which are of greater nutritional value. So that foods with added grain or oatmeal are an option to diversify food products and offer alternatives consumer consumption. Despite the aforementioned characteristics of oat, in our country, 90% of its use is as feed, and for human consumption is 2 kg per capita, while consumption of corn and wheat, as tortillas and bread is 78.5 and 38.3 kg per capita, respectively (CANIMOLT, 2013).

The process of nixtamalization makes the tortilla table have higher nutritional quality compared with the raw corn. This process involves a thermal-alkaline treatment which modifies the structure of proteins corn to make them more digestible, such that zein, which is a nutritionally poor protein reduces its solubility; while glutenin higher

El proceso de nixtamalización hace que la tortilla de mesa tenga mayor calidad nutricional comparada con el maíz crudo. Dicho proceso implica un tratamiento térmico-alcalino el cual modifica la estructura de las proteínas del maíz para hacerlas más digeribles, de tal modo que la zeína, que es una proteína pobre nutricionalmente reduce su solubilidad; mientras que la glutelina de mayor valor nutricional, incrementa su solubilidad y con ello la disponibilidad de sus aminoácidos esenciales (Castillo *et al.*, 2009). Además, promueve incrementos importantes en el contenido de calcio y almidones resistentes debido a su gelatinización parcial durante los procesos de: cocimiento y remojo del maíz (nixtamalización); molienda del nixtamal y cocimiento o fritura de las tortillas. Con el objetivo de desarrollar nuevos alimentos con mejor balance nutricional, se ha investigado el impacto de la nixtamalización en otros granos diferentes al maíz. Así, Téllez y Arellano (2005) obtuvieron los parámetros óptimos de nixtamalización para producir harina de frijol, Ríos y Nieves (2009) de amaranto, García y Sandoval (2011) de avena y Morales (2015) de cebada.

Existe la necesidad de promover productos que favorezcan la salud del consumidor mexicano, por lo que el grano de avena nixtamalizado puede ser una fuente de proteína de excelente calidad nutricional, fibra, calcio y almidón resistente. Así, el objetivo de la presente investigación fue elaborar tortillas de mezclas de harina de maíz nixtamalizado (HMN) con harina integral de avena nixtamalizada (HAVN), realizar su análisis bromatológico y evaluar su calidad sensorial para determinar cuál es la mezcla óptima para elaborar tortillas de mesa.

## Materiales y métodos

El grano de avena utilizada se obtuvo de la variedad Obsidiana, liberada por programa de avena del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), cultivada bajo condiciones de temporal, en Chapingo Estado de México, durante el ciclo agrícola primavera-verano en 2011. La nixtamalización de avena se realizó, con base a lo descrito por García y Sandoval (2011), en presencia de 0.49% cal, 10.4 min de cocción a 90 °C, posteriormente se reposó 2.9 h y se secó a 50 °C durante 48 h, posteriormente se realizó la molienda, en un pulverizador marca Lasser 100, para obtener la harina integral de avena nixtamalizada (HAVN). La harina de maíz nixtamalizada (HMN) utilizada fue marca MINSA®. Las mezclas de HAVN:HMN, tratamientos con dos repeticiones, fueron 10:90, 20:80, 30:70 y 40:60%, respectivamente.

nutritional value, increased solubility and hence the availability of essential amino acids (Castillo *et al.*, 2009). It also, promotes significant increases in the calcium content and because resistant starch gelatinization during partial processes: cooking and steeping corn (nixtamalization); nixtamalized grinding and cooking or frying tortillas. With the aim of developing new foods with better nutritional balance, it has investigated the impact of different grains nixtamalization other maize. Thus, Téllez and Arellano (2005) obtained the optimum parameters of nixtamalization to produce bean flour, Ríos and Nieves (2009) of amaranth, García and Sandoval (2011) of oat and Morales (2015) of barley.

There is a need to promote products that promote the health of Mexican consumers, so nixtamalized grain oats can be a source of excellent nutritional quality protein, fiber, calcium and resistant starch. Thus, the objective of this research was to make tortillas mixtures nixtamalized corn flour (HMN) with wholemeal flour nixtamalized oats (HAVN), perform their chemical composition analysis and evaluate their sensory quality to determine the optimal mix to make tortillas table.

## Materials and methods

The oat grain used was obtained from the Obsidiana variety, released by program oats National Institute of Forestry, Agriculture and Livestock (INIFAP), cultivated under rainfed conditions, in Chapingo State of Mexico, during the season spring-summer in 2011. The nixtamalization oat was performed, based on described by García and Sandoval (2011), in the presence of 0.49% lime, 10.4 min cooking at 90 °C, then 2.9 h rested dried at 50 °C for 48 h then milling was performed in a powdery Lasser 100 mark, for wholemeal oats nixtamalized (HAVN). Corn nixtamalized flour (HMN) used was brand MINSA® brands. The mixtures HAVN:HMN, treatments with two replications were 10:90, 20:80, 30:70 and 40:60% respectively.

The variables were evaluated in the mass, water absorption (%) indicating the amount of water required per 100 g and then weight (g) was measured. The moisture was carried out in 3 g of sample in an oven, brand Lumistell HTP-42, at 103 °C until constant weight and mass yield was calculated on the basis described by Salinas and Vázquez (2006) and also they were determined the luminosity (L), hue angle (Hue) and chroma using a Hunter Lab mini Scan EX plus.

Las variables evaluadas en la masa fueron, la absorción de agua (%) que indicó la cantidad de agua que se requirió por cada 100 g y posteriormente se midió su peso (g). El porcentaje de humedad se efectuó en 3 g de muestra en un horno, marca Lumistell HTP-42, a 103 °C hasta alcanzar peso constante y el rendimiento de masa se calculó con base a lo descrito por Salinas y Vázquez (2006), así mismo se determinaron la luminosidad (L), ángulo de tono (Hue) y croma utilizando un Hunter Lab mini Scan EX plus.

Para la elaboración de la tortilla, las harinas se hidrataron y se determinó mediante el tacto la consistencia óptima de la masa, se dividió en porciones de 20 g, se prensaron y cocieron las tortillas en un comal metálico a 230 °C durante 90 s. Para evaluar la calidad tortillera, se midió el diámetro (cm) y espesor (mm) mediante un vernier digital marca AutoTec; el peso de tortilla caliente (g) se determinó después de terminada su cocción y el peso de tortilla fría (g) se midió media hora posterior a ella; el porcentaje de humedad en la tortilla se determinó de manera similar que en la masa; la rolabilidad, se determinó una vez terminada su cocción y después de haber sido pesadas en caliente; se enrolló una tortilla en un lápiz cilíndrico y con base en el grado de ruptura se le clasificó en una escala hedónica, 1= se rompe toda la tortilla, 2= se rompe 3/4 partes, 3= se rompe 1/2, 4= se rompe 1/4 y 5= no se rompe nada. El rendimiento de la tortilla caliente y fría se calculó con base a lo mencionado por Cortés (2015). Adicionalmente se evaluaron las variables colorimétricas, luminosidad, ángulo de tono y croma.

Las variables bromatológicas medidas en la tortilla fueron: porcentaje de proteína, el cual se evaluó utilizando el método Kjeldahl 46-12 de la AACC (1998), la fibra cruda se determinó en una muestra previamente desgrasada, utilizando el método 49-10 de la AACC (2009), el cual consistió en hervir la muestra en ácido sulfúrico al 1.25% y posteriormente en hidróxido de sodio al 1.25%, el residuo resultante se llevó a peso constante, 130 °C durante 2 h y posteriormente se calcinó a 600 °C durante 30 min. El porcentaje de cenizas se realizó de acuerdo al método 08-01 de la AACC (1995) mediante incineración en la mufla a 550 °C durante 3 h. La cuantificación de calcio se efectuó mediante el método 965.09 de la AACC (2008) en 1 g de muestra que se secó durante 24 h a 100 °C y posteriormente se calcinó durante 4 h a 500 °C y se utilizó un espectrofotómetro de absorción atómica ajustado con una lámpara catódica a una longitud de onda de 422.7 nm. Por otro lado el contenido de almidón resistente en tortilla se obtuvo con base al método de Goñi *et al.* (1996), mediante una hidrólisis, con pepsina a

For the preparation of tortillas, flour is hydrated and it was determined by touch the optimum consistency of the dough was divided into portions of 20 g, were pressed and baked tortillas on a metal griddle to 230 °C for 90 s. To evaluate the tortilla quality, the diameter (cm) and thickness (mm) was measured by a digital vernier AutoTec mark; the weight of hot tortilla (g) was determined after completion of cooking and weight of cold tortilla (g) was measured half an hour after it; the percentage of moisture in the tortilla was determined similarly as in the mass; the rollability was determined once their cooking and after being heavy hot; an omelet was wound into a cylindrical pen and based on the degree of rupture was rated on a hedonic scale, 1= breaks all tortilla, 2= 3/4 is broken, 3= breaks 1/2, 4= breaks 1/4 and 5= not broken anything. The performance of the hot and cold tortilla was calculated based on the above by Cortés (2015). Additionally colorimetric variables, brightness, hue angle and chroma were evaluated.

The bromatological variables measured in the tortilla were: percentage of protein, which was assessed using the Kjeldahl method AACC 46-12 (1998), the crude fiber was determined in a previously defatted sample using the method 49-10 AACC (2009), which consisted of boiling the sample in sulfuric acid 1.25%, and thereafter sodium hydroxide 1.25%, the resulting residue was constant weight, 130 °C for 2 h and subsequently calcined at 600 °C for 30 min. The ash percentage was performed according to AACC method 08-01 (1995) by incineration in a muffle furnace at 550 °C for 3 h. Quantification of calcium was carried out by the method 965.09 AACC (2008) in 1 g sample was dried for 24 h at 100 °C and subsequently calcined for 4 h at 500 °C and atomic absorption spectrophotometer set was used a cathode lamp at a wavelength of 422.7 nm. Furthermore the resistant starch content tortilla was obtained based on the method Goñi *et al.* (1996), by hydrolysis with pepsin at pH 1.5, followed by the breaking of digestible starch with  $\alpha$ -amylase, after removal of the products of hydrolysis by centrifugation, the indigestible fraction, the residue was dispersed in half alkaline hydrolyzed entirely with amyloglucosidase enzyme, determining the glucose released.

To carry out sensory evaluation test and overall acceptability attributes for tortillas of each mixture was performed. The quantitative affective tests were conducted, focusing on acceptance testing using hedonic scales.

pH 1.5, seguida por el rompimiento del almidón digestible con  $\alpha$ -amilasa, posterior a la eliminación de los productos de las hidrolisis por centrifugación, la fracción indigestible, en el residuo fue dispersada en medio alcalino e hidrolizada en su totalidad con la enzima amiloglucosidasa, determinando la glucosa liberada.

Para llevar a cabo la evaluación sensorial se realizó una prueba de aceptabilidad global y una de aceptabilidad por atributos para las tortillas de cada mezcla. Se realizaron pruebas afectivas cuantitativas, enfocando en pruebas de aceptación usando escalas hedónicas.

Para la asignación de tratamientos a las unidades experimentales se alojó en un diseño de bloques completamente al azar con una repetición de cada tratamiento; como unidad experimental se consideraron las tortillas, se empleó el paquete estadístico SAS (SAS Institute, 2002) y se realizaron comparación de medias de Tukey  $\leq 0.05$  para indicar las diferencias entre las mezclas analizadas, adicionalmente se realizaron correlaciones de Pearson entre los atributos sensoriales y un análisis de componentes principales con las propiedades medidas en la evaluación sensorial.

## Resultados y discusión

Se encontraron diferencias significativas, entre las masas de mezclas de HMN y HAVN, para absorción de agua, peso, rendimiento, luminosidad, ángulo de tono y croma; excepto para humedad de las masas, Cuadro 1. La absorción de agua en HMN fue de 135.8% lo cual concuerda con lo reportado por Flores *et al.* (2002), quienes reportaron valores de 120 a 135% en diferentes harinas comerciales. Se observó un incremento en la absorción y consecuentemente en su peso y rendimiento, de los tratamientos con 10 y 20% de HAVN; sin embargo, con los de 20 y 30%, estas variables disminuyeron, lo cual puede deberse a la mayor concentración de polisacáridos hidrosolubles capaces de formar gomas con poca cantidad de agua. Los porcentajes de humedad variaron de 56.5 a 59.2% lo que concuerda con lo reportado por Gasca y Casas (2007). Por otro lado, se observó una disminución en la luminosidad de las masas a medida que se incrementó la concentración de HAVN, repercutiendo de la misma manera en el ángulo de tono el cual se reportó de color amarillo en HMN y café en la mezcla con 40%

For the assignment of treatments to experimental units stayed in a complete block design at random with a repetition of each treatment; as experimental unit tortillas were considered, the SAS statistical package (SAS Institute, 2002) was used and comparison of Tukey  $\leq 0.05$  were performed to indicate the differences between the analyzed mixtures additionally Pearson correlations were performed between sensory attributes and an analysis of main components with the properties measured in the sensory evaluation.

## Results and discussion

The significant differences between the masses mixtures of HMN and HAVN, for water absorption, weight, performance, lightness, chroma and hue angle were found; except for moisture of the masses, Table 1. The water absorption was 135.8% in HMN which is consistent with that reported by Flores *et al.* (2002), who reported values of 120 to 135% in different commercial flours. An increase in absorption and consequently its weight and yield of treatments with 10 and 20% was observed in HAVN; however, with 20 and 30%, these variables decreased, which may be due to the higher concentration of water-soluble polysaccharides capable of forming gums with little water. The moisture percentages ranged from 56.5 to 59.2% which is consistent with that reported by Gasca and Casas (2007). On the other hand, was observed a decrease in the brightness of the masses as the concentration HAVN increased, impacting the same way in the hue angle which is reported yellow in HMN and brown in the mixture with 40% of HAVN which is consistent with that reported by Flores (2004). The brightness values for HMN match González and Hernández (2012) who reported values of 74 mass nixtamalized.

For quality variables significant differences tortilla weight of the hot and cold tortilla, cold tortilla performance, brightness and hue angle were observed; while the mixtures HMN and not differentially affected HAVN the diameter, thickness, moisture, rollability, performance hot tortilla and chroma. Based on the above, the addition of HAVN not change the dimensions of diameter and thickness of the tortilla, these values match so reported by González and Hernández (2012). Higher weight values for hot and cold tortilla were observed with the combination of 30 and 40% HAVN. On a commercial level this property represents an advantage because as many tortilla is sold with a lower percentage of raw material.



de HAVN lo que concuerda con lo reportado por Flores, (2004). Los valores de luminosidad para HMN concuerdan con González y Hernández (2012) quienes reportaron valores de 74 en masa de maíz nixtamalizado.

It is considered that 30% is the percentage HAVN adequate replacement for better weight of cold tortilla, the above is an advantage if marketed packaged tortilla and cold. The humidity ranged from 39.1 to 41.8% which depends on

**Cuadro 1. Comparación de medias de características físicas y químicas de las masas de mezclas de harina de maíz (HMN) y harina integral de avena nixtamalizada (HAVN).**

**Table 1. Comparison of means features of physical and chemical mixtures of the masses of corn flour (HMN) nixtamalized flour and whole oats (HAVN).**

	100 % HMN	90 % HMN/ 10 % HAVN	80 % HMN/ 20 % HAVN	70 % HMN/ 30 % HAVN	60 % HMN/ 40 % HAVN
Absorción de agua (%)	135.8 c <sup>†</sup>	140.2 a	138.4 b	129.8 d	127.7 e
Peso (g)	588.5 b	595 a	588.9 b	571.5 c	569.3 c
Humedad (%)	59.5 a	58.9 a	59.2 a	58.6 a	56.5 a
Rendimiento (%)	2.4 a	2.4 a	2.4 a	2.3 b	2.3 b
Luminosidad	78.5 a	76.7 b	75.4 c	73.2 d	71.6 e
Ángulo de tono	88.5 a	86.7 b	85.1 c	83.8 d	82.8 e
Croma	13.2 d	13.6 c	14.4 b	14.7 b	15.2 a

<sup>†</sup>Valores con la misma letra dentro de filas no son estadísticamente iguales.

Para variables de calidad de la tortilla se observaron diferencias significativas para peso de la tortilla caliente y fría, rendimiento de tortilla fría, luminosidad y ángulo de tono; mientras que las mezclas de HMN y HAVN no afectaron diferencialmente al diámetro, espesor, humedad, rolabilidad, rendimiento de tortilla caliente y croma. Con base en lo anterior la adición de HAVN no modificó las dimensiones de diámetro y espesor de la tortilla, dichos valores concuerdan por lo reportado por González y Hernández (2012). Los valores más altos para peso de tortilla caliente y fría se observaron con la combinación de 30 y 40% de HAVN. A nivel comercial esta propiedad representa una ventaja porque se vende mayor cantidad de tortilla con un menor porcentaje de materia prima.

Por lo que se considera que 30% de HAVN es el porcentaje de sustitución adecuada para obtener mejor peso de tortilla fría, lo anterior es una ventaja si la tortilla se comercializa empaquetada y fría. La humedad varió de 39.1 a 41.8% lo cual depende del uso de materias primas adicionadas a la HMN, los cuales coinciden con los reportados por Gamero y Martínez (2010), quienes encontraron valores similares con mezclas de HMN y harina de frijol nixtamalizada. Con base en valores mayores a 4.8 de rolabilidad, todas las mezclas

the use of raw materials spiked to HMN, which coincide with those reported by Gamero and Martínez (2010), who found similar values with mixtures of HMN and flour nixtamalized bean. Based on values greater than 4.8 of rollability, all mixtures of HMN/HAVN were classified with good factor for this feature, similar values found González and Hernández (2012).

The yields hot tortilla mixtures are similar to those found by Téllez and Arellano (2005) with mixtures of flour nixtamalized beans and HMN, in the case of performance cold tortilla Galicia (2009) reported values of 1.4 kg, similar the treatments evaluated in this investigation. Incorporating HAVN affected the brightness of tortillas, as reflected in a decrease of 1.5, 3.4 and 7.1 units for mixtures of 20, 30 and 40%, respectively. As to, hue angle, the HMN tortillas were classified as yellow, however, with a gradual decrease trend is observed to be slightly brown with the addition with HAVN, Table 2.

The significant difference for percentage of protein, crude fiber, ash, calcium and resistant starch, Table 3, the highest for protein for HMN values were spiked with 30 and 40% were found HAVN; for crude fiber the highest value was for the combination 60% HNM and 40% HAVN, these increases is because individually the HAVN is

de HMN/HAVN se clasificaron con buen factor para esta característica, valores similares encontraron González y Hernández, (2012).

Los rendimientos de tortilla caliente de las mezclas son similares a los encontrados por Téllez y Arellano, (2005) con mezclas de harina de frijol nixtamalizado y HMN, para el caso del rendimiento de tortilla fría Galicia (2009) reportó valores de 1.4 kg, similares a los tratamientos evaluados en la presente investigación. La incorporación de HAVN afectó la luminosidad de las tortillas, ya que se ve reflejado en un descenso de 1.5, 3.4 y 7.1 unidades para las mezclas de 20, 30 y 40%, respectivamente. En cuanto al, ángulo de tono, las tortillas HMN se clasificaron como amarillas, sin embargo, se observa una disminución gradual con tendencia a ser ligeramente café con la adición con de HAVN, Cuadro 2.

characterized by high percentages, greater than 15% (data not shown) which is consistent with that reported by Martínez *et al.* (2013) and Martínez *et al.* (2014), while the used HMN presented values lower than 9%. The percentage of resistant starch were higher for the HMN, which are comparable to those reported by Méndez *et al.* (2005); while by adding the HAVN its concentration decreased possibly due to low nixtamalization and soak times at which the oat grain subjected. The percentage of resistant starch for the HMN was higher than HAVN with values 0.7 and 0.2%, respectively, the latter value matches mentioned by Zamudio *et al.* (2015).

The significant differences for aroma, aroma oats, overall taste, texture, rollability, thickness, chewiness, and overall acceptability were observed; while there were none for oat flavor and color, Table 4. This indicates that the incorporation

**Cuadro 2. Comparación de medias de características físicas y químicas de las tortillas de mezclas de harina de maíz nixtamalizado (HMN) y harina integral de avena nixtamalizada (HAVN).**

**Table 2. Comparison of means features of physical and chemical mixtures tortillas nixtamalized corn flour (HMN) nixtamalized flour and whole oats (HAVN).**

	100 % HMN	90 % HMN/ 10 % HAVN	80 % HMN/ 20 % HAVN	70 % HMN/ 30 % HAVN	60 % HMN/ 40 % HAVN
Diámetro (cm)	11.2 a <sup>†</sup>	11.7 a	11.7 a	11.7 a	11.6 a
Espesor (mm)	1.15 a	1.1 a	1.1 a	1.1 a	1 a
PTC (g)	689.6 c	669.1 bc	706.1 abc	724.7 a	721.3 ab
PTF (g)	661.5 d	663.3 cd	680.1 bc	699.5 a	686.7 b
Humedad (%)	39 a	40.4 a	41.8 a	41.6 a	39.8 a
Rolabilidad	4.7 a	4.9 a	4.8 a	4.8 a	4.7 a
RTC (g)	1623.4 a	1663.9 a	1663.3 a	1656.7 a	1642.5 a
RTF (g)	1557.2 b	1602.6 a	1602.1 a	1599 a	1563.7 a
Luminosidad	70.3 ab	71.5 a	69 b	67 c	63.2 d
Ángulo de tono	88.5 a	86.7 b	85.1 c	83.8 d	82.8 e
Chroma	14.9 a	15 a	15.9 a	16.6 a	16.4 a

<sup>†</sup>Valores con la misma letra dentro de filas no son estadísticamente iguales. PTC= peso de tortilla caliente; PTF= peso de tortilla fría; RTC= rendimiento de tortilla caliente; RTF= rendimiento de tortilla fría.

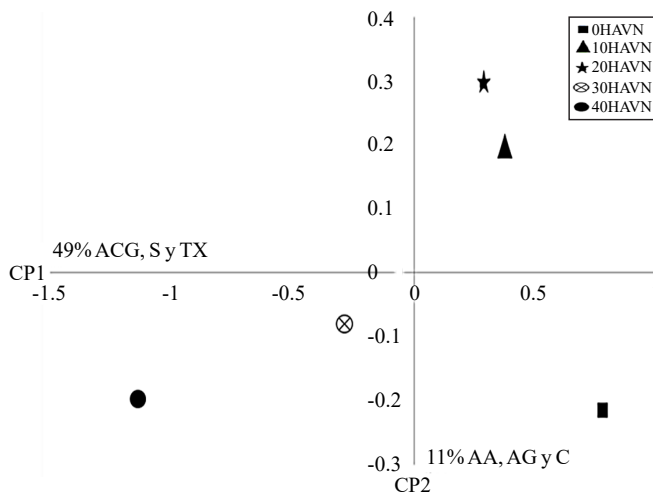
Se encontraron diferencias significativas para porcentaje de proteína, fibra cruda, cenizas, calcio y almidón resistente, Cuadro 3, los valores más altos para proteína fueron para las HMN adicionadas con 30 y 40% de HAVN; para fibra cruda el valor más alto fue para la combinación 60% HNM y 40% HAVN, dichos incrementos se debe a que individualmente la HAVN se caracteriza por presentar porcentajes elevados, mayores al 15% (dato no presentado) lo que concuerda con lo reportado por Martínez *et al.* (2013) y Martínez

of HAVN was not detected by the panelists. The overall acceptability was correlated with texture, taste, thickness, chewiness, which indicates that these characteristics are crucial to the quality of the tortilla and same texture associated with rollability and thick tortilla, same behavior showed the flavor the taste of oatmeal, and oat scent was related to the overall aroma, Table 5. The variables greater contribution to the principal component 1 were: overall acceptability, flavor and texture; while overall flavor, aroma and color oats principal component 2, Figure 1. The treatments of 100% HMN and

*et al.* (2014), mientras que la HMN utilizada presentó valores menores a 9%. Los porcentajes de almidón resistente fueron mayores para la HMN, los cuales son comparables a los reportados por Méndez *et al.* (2005); mientras que mediante la adición de la HAVN su concentración disminuyó debido posiblemente a los bajos tiempos de nixtamalización y remojo a la que se sometió el grano de avena. Los porcentajes de almidón resistente para la HMN fue mayor a la HAVN con valores de 0.7 y 0.2%, respectivamente, este último valor concuerda con lo mencionado por Zamudio *et al.* (2015).

Se observaron diferencias significativas para aroma, aroma a avena, sabor global, textura, rolabilidad, grosor, masticabilidad, y aceptabilidad global; mientras que no las hubo para sabor a avena y color, Cuadro 4. Lo anterior indica que la incorporación de HAVN no fue detectada por los panelistas. La aceptabilidad global se correlacionó con textura, sabor, grosor, masticabilidad, lo cual, indica que dichas características son determinantes en la calidad de la tortilla así mismo la textura se asoció con la rolabilidad y grosor de la tortilla, mismo comportamiento mostró el sabor con el sabor a avena, y el aroma a avena se relacionó con el aroma global, Cuadro 5. Las variables de mayor contribución al componente principal 1 fueron: aceptabilidad global, sabor y textura; mientras que aroma global, aroma avena y color afectaron mayormente el componente principal 2, Figura 1. Los tratamientos de 100% de HMN así como las mezclas adicionadas con 10 y 20% de HAVN presentaron mejores características de aceptabilidad global, sabor y textura de tortilla; comportamiento inverso al presentado por las elaboradas con 30 y 40% las cuales también se asociaron a aroma a avena (Figura 1).

mixtures spiked with 10 and 20% of HAVN showed better overall acceptability characteristics, taste and texture largely affected tortilla; reverse behavior presented by those made with 30 and 40% which are also associated with scented oatmeal (Figure 1).



**Figura 1. Distribución bidimensional de las tortillas de mezclas de harina de maíz (HMN) y harina integral de avena nixtamalizada (HAVN).** 0HAVN= 100%HMN; 10HAVN= 90%HMN/10%HAVN; 20HAVN= 80%HMN/20%HAVN; 30HAVN= 70 % H M N / 30 % H A V N ; 40 H A V N = 60%HMN/40%HAVN; ACG= aceptabilidad global; S=sabor; TX=textura; AA=aroma a avena; AG= aroma global; C= color.

**Figure 1. Two-dimensional distribution of tortilla corn flour mixtures (HMN) and nixtamalized flour whole oats (HAVN).** 0HAVN= 100%HMN; 10HAVN= 90%HMN/10%HAVN; 20HAVN= 80%HMN/20%HAVN; 30HAVN= 70%HMN/30%HAVN; 40HAVN= 60%HMN/40%HAVN; ACG= overall acceptability; S= taste; TX= texture; AA= smell of oats; AG= overall flavor; C= color.

**Cuadro 3. Comparación de medias de variables bromatológicas de las tortillas de mezclas de harina de maíz (HMN) y harina integral de avena nixtamalizada (HAVN).**

**Table 3. Comparison of means of bromatological variables mixtures tortillas corn flour (HMN) and nixtamalized flour whole oats (HAVN).**

	100 % HMN	90 % HMN/ 10 % HAVN	80 % HMN/ 20 % HAVN	70 % HMN/ 30 % HAVN	60 % HMN/ 40 % HAVN
Proteína (%)	8 d	8.6 c	8.7 bc	9.1 ab	9.4 a
Fibra cruda (%)	1.6 a	1.6 a	1.7 a	1.8 a	1.9 b
Cenizas (%)	2 a	2 a	1.9 a	1.9 a	1.7 b
Calcio (%)	0.5 a	0.4 ab	0.5a	0.4 ab	0.4 b
Almidones resistentes (%)	1.8 a	1.7 ab	1.6 b	1.4 cd	1.3 d

<sup>†</sup>Valores con la misma letra dentro de filas no son estadísticamente iguales.



**Cuadro 4. Comparación de medias de atributos sensoriales de las tortillas de mezclas de harina de maíz (HMN) y harina integral de avena nixtamalizada (HAVN).****Table 4. Comparison of means of sensory attributes of tortillas corn flour mixtures (HMN) and nixtamalized flour whole oats (HAVN).**

	100 % HMN	90 % HMN/ 10 % HAVN	80 % HMN/ 20 % HAVN	70 % HMN/ 30 % HAVN	60 % HMN/ 40 % HAVN
Intensidad					
Aroma global	5.9 a	5.2 ab	4.9 b	4.7 b	4.6 b
Aroma a avena	5.5 a	4.9 ab	4.8 b	4.9 ab	4.6 b
Sabor global	6.1 a	5.8 a	6 a	5.5 ab	4.8 b
Sabor a avena	5.7 a	5.6 a	5.4 a	5.6 a	5 a
Color	6 a	6.5 a	6.4 a	6 a	6 a
Textura	6.3 a	6.1 a	6.2 a	5.6 ab	5 b
Rolabilidad	6.7 a	6.5 a	6.3 ab	5.4 bc	4.5 c
Grosor	6.7 a	6.5 a	6.4 a	6 ab	5.6 b
Masticabilidad	6.4 a	6.4 a	6.3 a	6 ab	5.4 b
Aceptabilidad global	6.7 a	6.1 ab	6.4 ab	5.9 abc	5.3 c

**Cuadro 5. Correlaciones de Pearson entre atributos sensoriales de las tortillas de mezclas de harina de maíz (HMN) y harina integral de avena nixtamalizada (HAVN).****Table 5. Pearson correlations between sensory attributes of tortillas corn flour mixtures (HMN) and nixtamalized flour whole oats (HAVN).**

	AA	TX	RO	S	SA	G	C	MAS	ACG
Aroma global	0.7 *	0.5	0.3	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.5
Aroma a avena (AA)		0.4	0.3	0.4	0.5 *	0.4	0.2	0.3	0.4
Textura (TX)			0.5 *	0.4	0.4	0.5 *	0.4	0.4	0.5 *
Rolabilidad (RO)				0.5	0.3	0.5	0.3	0.4	0.5
Sabor (S)					0.7 *	0.5	0.3	0.4	0.6 *
Sabor a avena (SA)						0.4	0.3	0.4	0.5
Grosor (G)							0.5	0.4	0.5 *
Color (C)								0.4	0.4
Masticabilidad (MAS)									0.5 *

ACG= aceptabilidad global.

**Conclusiones**

Las tortillas elaboradas con 20% de HAVN y 80% de HMN presentaron calidad de la tortilla y aceptabilidad global similar a 100% de harina de maíz MINSA®, dicho tratamiento disminuyó su luminosidad pero incrementó su porcentaje de proteína. La adición de 40% de harina de avena nixtamalizada aumentó el contenido de proteína y fibra en las tortillas no obstante mostró menor aceptabilidad global.

**Conclusions**

The tortillas made with 20% of HAVN and 80% of HMN presented tortilla quality and overall acceptability similar to 100% of cornmeal MINSA® brands, such treatment but decreased its brightness increased its percentage of protein. Adding 40% oat nixtamalized flour increased the protein content and fiber in tortillas however showed lower overall acceptability. Based on the above the use of whole grain oats,

Con base en lo anterior el uso del grano entero de avena, en la elaboración de tortillas, favoreció el contenido de proteína y fibra por lo que se puede recomendar como un alimento alternativo nutricional para la población.

in the preparation of tortillas, favored the protein and fiber content so it can be recommended as a nutritional alternative food for the population.

*End of the English version*

## Literatura citada

- AACC. 1995. Approved Methods. St. Paul, Minnesota, U.S.A.
- AACC. 1998. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 9<sup>th</sup> Ed. The Association. Rev. St. Paul. Minn. 1020 p.
- AACC. 2008. Approved Methods. St. Paul, Minnesota, U.S.A.
- AACC. 2009. Approved Methods. St. Paul, Minnesota, U.S.A.
- Barquera, S.; Campos, I. and Rivera, J. A. 2013. Mexico attempts to tackle obesity: the process, results, push backs and future challenges. *Obesity reviews*. 14:69-78.
- CANIMOLT. 2013. Reporte estadístico al 2013. Disponible en: <http://www.canimolt.org/revista-canimolt>.
- Castillo, V. K. C.; Ochoa, M. L. A.; Figueroa, C. J. D.; Delgado, L. E.; Gallegos, I. J. A. y Morales, C. J. 2009. Efecto de la concentración de hidróxido de calcio y tiempo de cocción del grano de maíz (*Zea mays* L.) nixtamalizado, sobre las características fisicoquímicas y reológicas del nixtamal. *Arch. Latinoam. Nutr.* 59(4):425-432.
- Colyer, T. E. and Luthe, D. S. 1984. Quantitation of oat globulin by radioimmunoassay. *Plant Physiol.* 74(2):455-456.
- Cortés, S. I. 2015. Contenido de almidón resistente, proteína y fibra en tortillas de maíz adicionadas con harina de Avena (*Avena sativa* L.) nixtamalizada. Tesis profesional del Departamento de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Autónoma Chapingo. México. 79 p.
- Daou, C. and Zhang, H. 2012. Oat beta-glucan: its role in health promotion and prevention of diseases. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 11:355-365.
- Denova, G. E.; Castañón, S.; Talavera, J. O.; Gallegos, C. K.; Flores, M.; Dosamantes, C. D. and Salmerón, J. 2010. Dietary patterns are associated with metabolic syndrome in an urban Mexican population. *The J. Nutr.* 110:1-9.
- Flores, F. R. 2004. Efecto de la incorporación de fibra dietética de diferentes fuentes sobre propiedades de textura y sensoriales en tortillas de maíz (*Zea mays* L.). Tesis de maestría, Centro de investigación en ciencia aplicada y tecnología avanzada. Querétaro, México. 85 p.
- Flores, F. R.; Martínez, B. F.; Salinas, M. Y. y Ríos, E. 2002. Caracterización de harinas comerciales de maíz nixtamalizado. *Agrociencia*. 36:557-567.
- Galicia, G. C. F. 2009. Efecto de fecha de siembra sobre la calidad comercial del grano de maíz y sus tortillas. Tesis profesional del Departamento de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Autónoma Chapingo. México. 84 p.
- Gamero, P. J. L y Martínez, V. A. 2010. Elaboración y evaluación de seis productos enriquecidos con harina de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) nixtamalizado para consumo humano. Tesis profesional del Departamento de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Autónoma Chapingo. México. 84 p.
- García, M. G. y Sandoval, D. A. 2011. Optimización de la nixtamalización de avena (*Avena sativa* L.) para obtener harina de avena nixtamalizada (HAVN) y su aplicación en pastas alimenticias. Tesis profesional del Departamento de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Autónoma Chapingo. México. 86 p.
- Gasca, M. J. C. and Casas, A. N. B. 2007. Addition of nixtamalized corn flour to fresh nixtamalized corn masa. Effect on the textural properties of masa and tortilla. *Rev. Mex. Ing. Quím.* 6:317-328.
- Goñi, I.; Garcia, D. L.; Mañas, E. and Saura, C. F. 1996. Analysis of resistant starch: a method for foods and food products. *Food chemistry*. 56:445-449.
- González, R. S. y Hernández P. E. 2012. Efecto en la calidad de las tortillas de mesa usando como aditivo harina de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) nixtamalizado. Tesis profesional del Departamento de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Autónoma Chapingo. 96 p.
- Kristensen, M.; Toubro, S.; Jensen, M. G.; Ross, A. B.; Riboldi, G.; Petronio, M.; Bugel, S.; Tetens, I. and Astrup, A. 2012. Whole grain compared with refined wheat decreases the percentage of body fat following a 12-week, energy-restricted dietary intervention in postmenopausal women. *The J. Nutr.* 142:710-716.
- Martínez, C. E.; Villaseñor, M. H. E.; Hortelano S. R. R.; y Rodríguez G. Ma. F. 2013. Evaluación de características físicas y contenido de proteína en el grano de genotipos de avena (*Avena Sativa* L.). *Ciencia y Tecnol. Agrop. Mex.* 1:39-45.
- Martínez, C. E.; Villaseñor, M. H. E.; Hortelano, S. R. R.; Rodríguez, G. Ma. F.; Espitia, R. E. y Sosa, M. E. 2014. Caracterización de la calidad física y bioquímica del grano de genotipos de avena (*Avena sativa* L.) en México. Folleto técnico Núm. 63. INIFAP-CIRCE-CEVAMEX. 24 p.
- Méndez, M. G.; Solorza, F. J.; Velázquez, del V. M; Gómez, M. N.; Paredes, L. O. y Bello, P. L. A. 2005. Composición química y caracterización calorimétrica de híbridos y variedades de maíz cultivadas en México. *Agrociencia*. 39:267-274.
- Morales, L. G. 2015. Optimización de la nixtamalización de cebada maltera (*Hordeum vulgare* L.) y su aplicación en galleta integral dulce. Tesis profesional del Departamento de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Autónoma Chapingo. México. p. 87.
- Ortiz, R. F.; Villanueva, F. I.; Oomah, B. D.; Lares, A. I.; Proal, N. J. B. y Návar, Ch. J. J. 2013. Avenantramidas y componentes nutricionales de cuatro variedades mexicanas de avena (*Avena sativa* L.). *Agrociencia*. 47:225-232.
- Ríos, B. M. y Nieves, G. R. 2009. Optimización de la nixtamalización de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) para obtener harina y tortillas enriquecidas. Tesis profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Autónoma Chapingo. 68 p.
- Salinas, M. Y. y Vázquez, C. G. 2006. Metodologías de análisis de la calidad nixtamalera-tortillera en maíz. INIFAP. Folleto técnico Núm. 24. 98 p.

- Statistical Analysis System (SAS) Institute. 2002. SAS user's guide. Statistics. Version 8. SAS Inst., Cary, NC. USA. Quality, and elemental removal. *J. Environ. Qual.* 19:749-756.
- Téllez, T. P. y Arellano, S. V. A. 2005. Optimización de nixtamalización de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y desarrollo de un nuevo producto alimenticio. Tesis profesional del departamento de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Autónoma Chapingo. México. 75 p.
- Tiwari, U. and Cummins, E. 2011. Meta-analysis of the effect of beta-glucan intake on blood cholesterol and glucose levels. *Nutrition* 27:1008-1016.
- Zamudio, F. P. B.; Tirado, G. J.M.; Monter, M. J. G.; Aparicio, S. A.; Torruco, U. J. G., Salgado, D. R. y Bello, P. L. A. 2015. Digestibilidad *in vitro* y propiedades térmicas, morfológicas y funcionales de harinas y almidones de avenas de diferentes variedades. *Rev. Mex. Ing. Quím.* 14:81-97.