

CARATERIZACION SENSORIAL DE LÁMINAS PANIFICADAS DE HARINA DE MAÍZ EN RESPUESTA A MEZCLAS CON HARINA DE AJONOJLI

SENSORIAL CHARACTERIZATION OF MAIZE-FLOUR BAKED PRODUCTOS IN RESPONSE TO SESAME-FLOUR MIXES

Rodrigo Santos López¹, Lilia Leticia Méndez Lagunas², Laura Victoria Aquino González², Juan Rodríguez Ramírez², Sadoth Sandoval Torres², Luis Gerardo Barriada Bernal³, Irene Chaparro-Hernández³

¹Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Comitancillo. Carretera Ixtaltepec - Comitancillo Km 7.5. 70750. San Pedro Comitancillo, Oaxaca, México. ²Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para Desarrollo Integral Regional (CIIDIR-IPN), unidad Oaxaca. Hornos 1003. 71230. Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. ³Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Hornos 1003. 71230. Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. (lbarriadab@ipn.mx).

RESUMEN

En México es poco común la formulación de productos panificados desde harinas de maíz (*Zea mays*) adicionadas con harinas de otros cereales, leguminosas, oleaginosas o frutos secos o ambos, con el propósito de obtener productos con propiedades sensoriales o nutricias mejoradas. En esta investigación se evaluaron las propiedades sensoriales, textura y grado de aceptación, de láminas panificadas (conocidas en México como totopos) con una base de harina de cinco razas de maíz y harina integral de ajonjolí (*Sesamum indicum*) como aditivo en las proporciones 20:0, 19:1, 18:2, 17:3. Las propiedades de efecto crujiente, frescura y dureza se evaluaron mediante el análisis cuantitativo y cualitativo de los patrones de esfuerzo (TPA), mientras que el grado de aceptación se evaluó por un panel no entrenado. El diseño experimental fue factorial con dos factores y tres repeticiones por nivel (n=60). Las diferencias entre medias se evaluaron con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Las masas panificables evaluadas presentaron diferencias en las propiedades sensoriales, efecto crujiente y frescura, en una relación de harina de maíz:harina de ajonjolí 17:3 (p/p). El grado de aceptación de los productos panificados no cambió con ninguna proporción de harina mixta.

Palabras clave: harinas mixtas panificables, *Sesamum indicum*, *Zea mays*, láminas panificables, propiedades sensoriales.

ABSTRACT

In Mexico, the formulation of baked goods from maize (*Zea mays*) flours added with flours from other cereals, legumes, oilseeds or dry fruits or both is not very common, with the purpose of obtaining products with improved sensory or nutritional properties. In this study, the sensory properties, texture and degree of acceptance were evaluated, of baked chips (known in Mexico as *totopos*) with a base of flour from different maize landraces to which different proportions of whole sesame (*Sesamum indicum*) flour were added as additive. The properties of crunch effect, freshness and hardness were evaluated through the quantitative and qualitative analysis of the effort patterns (TPA), while the degree of acceptance was evaluated by an untrained panel. The experimental design was factorial with two factors and three repetitions per level (n=60). The means differences were evaluated with the Tukey test ($p \leq 0.05$). The different baking doughs assessed presented differences in the sensory properties, crunch effect and freshness; in a flour rate of maize flour:sesame flour of 17:3 (w/w). The degree of the baked goods did not change with any proportion of flour mix.

Key words: mixed baking flours, *Sesamum indicum*, *Zea mays*, baked chips, sensory properties.

INTRODUCTION

Maize (*Zea mays*) is the main cereal plant in Mexico (SAGARPA, 2017). In the central-south part of the republic, maize consumption is the main caloric source in the daily diet.

* Autor para correspondencia ♦ Author for correspondence.

Recibido: mayo, 2019. Aprobado: enero, 2020.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 54: 873-884. 2020.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays*) es el principal cereal cultivado en México (SAGARPA, 2017). En la parte centro-sur de la república el consumo de maíz es la principal fuente calórica en la ingesta diaria.

La panificación es el proceso de cocción de una masa con base en harina de trigo, harinas de semillas comestibles, o sus mezclas; y agua. Los productos pueden contener sal y levadura comestibles (DOF, 1999). Una práctica común en la panificación es el uso de aditivos para mejorar las propiedades de la masa, incrementar la calidad o mejorar las propiedades nutricionales de los productos panificados (Mamat y Hill, 2014).

En México se producen alrededor de 1425 t anuales de ajonjolí (*Sesamum indicum*) que se destinan a la obtención de aceite, como complemento en piensos dietarios en actividades pecuarias, y en menor grado, para elaborar productos alimenticios enriquecidos (SIAP, 2018). El ajonjolí es una oleaginosa cuyo contenido de aceite es 42 a 54% del peso seco de la semilla; además tiene 22 a 25% de proteína (Yoshida *et al.*, 2007). La fracción del aceite contiene 90 a 96% de triacilglicérols y 2 a 3% de fosfolípidos, y es resistente al deterioro oxidativo debido a la presencia de sesamol, sesaminol y diversos tocoferoles (Hemalatha y Ghafoorunissa, 2004).

La presencia de ácidos grasos, en su mayoría poliinsaturados, y de aminoácidos esenciales en la harina de ajonjolí, la convierte en un aditivo con gran potencial en la industria de los productos panificados. El cambio en las propiedades sensoriales derivado de la mezcla de harinas de cereales y ajonjolí puede influir positivamente en la aceptación del producto, si los atributos sensoriales son similares a los de productos panificados tradicionales. Los atributos sensoriales como dureza, frescura y efecto crujiente tienen una correlación significativa con percepciones de alimentos de alta calidad y aceptación (Mallikarjunan, 2004). La dureza se define como el efecto sensorial relacionado con la fuerza o presión ejercida al momento de masticarlos (Luyten *et al.*, 2004; van Vliet *et al.*, 2007). La frescura es el parámetro sensorial más versátil en alimentos, se relaciona con el atributo de dureza, pero su adecuada interpretación depende del tipo de producto evaluado y de múltiples consideraciones culturales relacionadas con su consumo (Saeleaw y Schleining, 2011). El efecto crujiente es un atributo sensorial asociado con el efecto sonoro

Baking is the cooking process of a dough based on wheat flour, edible seeds flours, or their mixture; and water. The products can contain salt and edible yeast (DOF, 1999). A common practice in the baking industry is the use of additives to improve the properties of the dough, increase the quality, or improve the nutritional properties of the baked goods (Mamat and Hill, 2014).

In Mexico around 1 425 t of sesame (*Sesamum indicum*) are produced annually, which are destined to obtaining oil, as supplement in feeds for livestock activities, and to a lesser degree, in the elaboration of enriched food products (SIAP, 2018). Sesame is an oilseed with high oil content, which represents between 42 and 54% of the dry weight of the seed; in addition, it contains between 22 to 25% of protein (Yoshida *et al.*, 2007). The oil fraction is made up primarily of triglycerides (between 90 to 96%) and phospholipids (between 2 to 3%); and it is resistant to oxidative deterioration due to the presence of the sesamol, the sesaminol and different tocopherols (Hemalatha and Ghafoorunissa, 2004).

The presence of fatty acids, mostly polyunsaturated, and of essential amino acids in sesame flour, makes it an additive with great potential in the industry of baked goods. The change in sensory properties derived from the mixture of cereal flours and sesame can have a positive influence on the acceptance of the product, as far as the sensory attributes are, at least, similar to the ones that can be appreciated in the traditional baked goods. Sensory attributes like hardness, freshness and crunch effect were significantly correlated with perceptions of foods with high quality and acceptance (Mallikarjunan, 2004). Hardness was defined as the sensory effect related to the force or pressure exerted at the moment of chewing (Luyten *et al.*, 2004; van Vliet *et al.*, 2007). Freshness was described as the most versatile sensory parameter in foods; it is related with the attribute of hardness, but its adequate interpretation depends on the type of product assessed and on multiple cultural considerations related to their consumption (Saeleaw and Schleining, 2011). The crunch effect is a sensory attribute associated with the sound effect when chewing, and it is related with the intake of toasted or fried goods (Pedreschi and Moyano, 2005; Thanatuksorn *et al.*, 2007); the presence or absence of the crunch effects influences significantly the acceptance and purchase of the final product (Mallikarjunan, 2004).

al masticar, y se relaciona con la ingesta de productos tostados o fritos (Pedreschi y Moyano, 2005; Thanatuksorn *et al.*, 2007); la presencia o ausencia del efecto crujiente tiene influencia significativa en la aceptación y adquisición del producto final (Mallikarjunan, 2004).

El objetivo de esta investigación fue evaluar las propiedades sensoriales, textura y grado de aceptación de láminas panificadas con una mezcla de harina de variedades de maíz adicionada con harina integral de ajonjolí como aditivo. La hipótesis fue que el uso de harina de ajonjolí como aditivo en masas panificables con base en harina de variedades de maíz modifica las propiedades sensoriales de dureza, frescura y efecto crujiente en los productos panificados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Cinco muestras se seleccionaron de dos razas de maíz nativo: zapalote chico, bolita azul, bolita morado, bolita rojo y bolita amarilla para su evaluación. Las semillas se adquirieron de productores rurales del municipio de la Villa de Zaachila (16° 57' 04.3" N; 96° 45' 00.1" O), y del municipio de Tehuantepec (16° 19' 36.6" N; 95° 11' 57.4" O), en el estado de Oaxaca, México. La semilla de ajonjolí de la variedad Instituto 71 (var. Tehuantepec III) proveniente del ciclo otoño-invierno 2017, se adquirió de productores del distrito de San Blas Atempa, municipio de Tehuantepec (16° 19' 36.6" N; 95° 11' 57.4" O).

Preparación de la harina de maíz

Remoción del pericarpio

Un kilogramo de maíz se coció en 1 L de una solución de hidróxido de calcio (Fermont) al 10% (p/v) a 92 °C por 1 h. Los granos cocidos se drenaron y lavaron dos veces con agua destilada (Fermont). La masa drenada se deshidrató en un secador convectivo (Excalibur D900TB, EUA) a 70 °C por 24 h hasta alcanzar un porcentaje de humedad menor al 10% (base seca). El material seco se molió en un molino de cuchillas (Boou Bo-800S1, China) hasta obtener material granulado, el cual se tamizó en malla #60 hasta tener partículas de tamaño ≤ 0.25 mm.

Preparación de la harina de ajonjolí

Los granos de ajonjolí se lavaron con agua destilada (Fermont) y se molieron en molino de cuchillas (Boou Bo-800S1, China) hasta obtener una masa de consistencia homogénea.

The objective of this study was to evaluate the sensory properties, texture and degree of acceptance, of baked chips with a mixture of flours from different maize varieties added with whole sesame flour as additive. The hypothesis was that the use of sesame flour as additive in baking doughs with a base of flour from different maize varieties modifies the sensory properties of hardness, freshness and crunch effect in baked goods.

MATERIALS AND METHODS

Plant material

Five different samples were selected from two maize races, *zapalote chico*, *bolita azul*, *bolita morado*, *bolita rojo*, and *bolita amarilla* for their assessment. The seeds were obtained directly from rural producers in the county of Villa de Zaachila (16° 57' 04.3" N; 96° 45' 00.1" W), and the county of Tehuantepec (16° 19' 36.6" N; 95° 11' 57.4" W), in the state of Oaxaca, Mexico. The sesame seed of the variety Instituto 71 (var. Tehuantepec III) from the fall-winter cycle 2017 was obtained from producers in the district of San Blas Atempa, county of Tehuantepec (16° 19' 36.6" N; 95° 11' 57.4" W).

Maize flour preparation

Removal of the pericarpium

A kilogram of maize was cooked in a liter of a 10% (w/v) of calcium hydroxide solution (Fermont) at 92 °C for 1h. The cooked grains were drained and washed twice with distilled water (Fermont). The drained mass was dehydrated in a convection drier (Excalibur D900TB, USA) at 70 °C for 24 h, until reaching a percentage of moisture under 10% (dry base). The dry material was ground through a blade mill (Boou Bo-800S1, China) until obtaining granulated material. The granulated material was sieved through a #60 mesh until obtaining particles of size ≤ 0.25 mm.

Sesame flour preparation

The sesame grains were washed with distilled water (Fermont) and ground in a blade mill (Boou Bo-800S1, China) until obtaining dough of homogeneous consistency.

Baking mixed flour preparation

Different rates of maize flour (MF) and whole sesame flour (SF) were assessed, with addition of sesame flour in rates of 20:0 (w/w) to 10:10 (w/w).

Preparación de la harina mixta panificable

Cuatro relaciones de harina de maíz (HM) y de harina integral de ajonjolí (HA) se evaluaron con adiciones de harina de ajonjolí en relaciones de 20:0 (p/p) hasta 10:10 (p/p).

La harina mixta se hidrató con agua destilada (Fermont) y se homogenizó mediante agitación mecánica durante 15 min. A la masa panificable resultante se le adicionó goma xantana (Sigma-Aldrich), 1.5% (p/p), como aditivo para mejorar las propiedades viscoelásticas.

La mezcla se formó después en láminas de masa de 2 mm de espesor y de 12 cm de diámetro; para cocerse en horno convectivo (Oster TSSTTVRB04, EUA) a 230 °C durante 7 min.

Cuantificación de color

El color se evaluó usando coordenadas CIE La*b* con un espectrofotómetro y una geometría 45°/0 (Hunter-Lab MiniScan 4500L, EUA).

Para evaluar la combinación de la harina de maíz-ajonjolí, las diferencias de color fueron determinadas con la ecuación 1 (Sharma, 2018).

$$\Delta E_{ab} = \left[(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

donde, ΔE_{ab} : diferencia total de color; L_0 : luminosidad del producto panificado sin adición de harina de ajonjolí; L : luminosidad del producto panificado adicionado con harina de ajonjolí; a_0 : color en la región roja de las láminas panificadas sin adición de harina de ajonjolí; a : color en la región roja del producto panificado adicionado con harina de ajonjolí; b_0 : color en la región azul de las láminas panificadas sin adición de harina de ajonjolí; b : color en la región azul del producto panificado adicionado con harina de ajonjolí.

Evaluación de los atributos sensoriales

La dureza, la frescura y el efecto crujiente de las láminas panificadas se evaluaron con un analizador de textura de doble compresión (Lloyd Instruments LS series, EUA) equipado con una sonda cilíndrica de acero de 10 mm de diámetro. Un análisis de perfil de textura (TPA) se realizó para cuantificar los atributos sensoriales de las láminas panificadas.

Evaluación sensorial por panel de degustación

La evaluación se realizó con 30 panelistas de 20 a 35 años de edad. Cada panelista evaluó muestras al azar debidamente codificadas. La evaluación sensorial registró el grado de aceptación en una escala hedónica de diez puntos; en la cual el valor de 1,

The mixed flour was hydrated with distilled water (Fermont) and was homogenized through mechanical agitation during 15 min. The resulting baking dough was added with xanthan gum (Sigma-Aldrich) 1.5% (w/w), as additive to improve the viscoelastic properties.

The mixture was formed later into dough chips of 2 mm thickness and 12 cm diameter, to be cooked in a convection oven (Oster TSSTTVRB04, USA) at 230 °C during 7 min.

Color quantification

The color was evaluated using CIE La*b* coordinates with a spectrophotometer and a 45°/0 geometry (Hunter-Lab MiniScan 4500L, EE.UU.).

To evaluate the combination of maize-sesame flour, the color differences were defined with Equation 1 (Sharma, 2018).

$$\Delta E_{ab} = \left[(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

Where: ΔE_{ab} : total color difference; L_0 : luminosity of the baked good without adding sesame flour; L : luminosity of the baked good with sesame flour addition; a_0 : color in the red region of baked chips without adding sesame flour; a : color in the red region of the baked goods with sesame flour addition; b_0 : color in the blue region of the baked chips without adding sesame flour; b : color in the blue region of the baked goods with sesame flour addition.

Assessment of sensory attributes

The hardness, freshness and crunch effect of baked chips were evaluated with a double compression texture analyzer (Lloyd Instruments LS series, USA) equipped with a steel cylindrical probe of 10 mm diameter. A texture profile analysis (TPA) was carried out to quantify the sensory attributes of the baked chips.

Sensory assessment by a tasting panel

The evaluation was carried out with 30 panelists in an age interval of 20-35 years. Every panelist evaluated properly codified random samples. The sensory evaluation recorded the degree of acceptance in a hedonic scale of ten points, where the value of 1 indicated an extreme dislike, and the value of 10 indicated extreme like.

Experimental design and statistical analyses

A factorial statistical analysis of the data obtained was carried out. The factors evaluated were maize variety and proportion of

indicó un disgusto extremo; y el valor de 10, indicó un gusto extremo.

Diseño experimental y análisis estadísticos

Con los datos obtenidos se realizó un análisis estadístico factorial completamente al azar. Los factores evaluados fueron la variedad de maíz (5 niveles) y la proporción de harina de ajonjolí adicionada en la mezcla (4 niveles). Los datos se analizaron con un ANDEVA de una vía y las diferencias entre los valores promedio se analizaron con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). El análisis sensorial por panel de degustación se analizó con un ANDEVA de Friedman y de Kruskal-Wallis. El análisis estadístico se efectuó con el programa Statistica ver. 7.0 (Statsoft, 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La raza zapalote chico se cataloga como una raza de grano suave, caracterizada por una mayor proporción de amilosa en los gránulos de almidón, un alta concentración de proteínas, y la presencia de una mayor concentración de ácidos grasos; mientras que la raza bolita se considera como una raza de dureza intermedia, y el tamaño de los gránulos de almidón (predomina amilopeptina) y el contenido de aceite están en valores intermedios; ambas razas exhiben propiedades deseables en la conformación de productos panificables, tortillas y totopos (CONABIO, 2010). Las diferencias en el tamaño de los gránulos de almidón, la relación amilosa:amilopeptina y la concentración de lípidos nativos en el grano se ha correlacionado con el comportamiento viscoelástico de masas nixtamalizadas de razas de maíz (Agama-Acevedo *et al.*, 2011; Contreras-Jiménez, 2013; Contreras-Jiménez, 2015⁴); pero existe poca información del efecto de estas variables en las propiedades sensoriales de los productos panificados.

Las masas panificables conformadas por harinas de maíz:harina de ajonjolí (HM:HA) en relaciones superiores a 17:3 (p/p) exhibieron atributos pobres de elasticidad y generaron láminas panificadas irregulares y frágiles, por lo cual no fue posible evaluar formulaciones por encima de esta relación. Este comportamiento se explica por la presencia de ácidos grasos polares, triacilgliceroles y fosfolípidos, correlacionados con cambios indeseados en la viscoelasticidad en

sesame flour added in the mixture. The data were analyzed with one-way ANOVA and the differences between the average values were analyzed with the Tukey test ($p \leq 0.05$). The sensory analysis by tasting panel was analyzed with a Friedman and Kruskal-Wallis ANOVA. The statistical analysis was carried out with the Statistica ver. 7.0. software (Statsoft, 2004).

RESULTS AND DISCUSSION

The *Zapalote chico* landrace is cataloged as a soft grain race, characterized by a higher proportion of amylose in the starch granules, a high concentration of proteins, and the presence of a higher concentration of fatty acids; meanwhile, the *bolita* landrace is considered a race of intermediate hardness, where the variations in the size of the starch granules (predominantly amylopectin), as well as the oil content, are found in intermediate values; both landraces exhibit desirable properties in the conformation of baked goods, *tortillas* and *totopos* (CONABIO, 2010). The differences in size of the starch granules, the amylose:amylopectin rate and the concentration of native lipids in the grain was correlated with the viscoelastic behavior of *nixtamal* flours of different maize landraces (Agama-Acevedo *et al.*, 2011; Contreras-Jiménez, 2013; Contreras-Jiménez, 2015); however, there is scarce information about the effect of these variables on the sensory properties of baked goods.

The baking doughs made of maize flour:sesame flour (MF:SF) in rates higher than 17:3 (w/w) exhibited poor elasticity attributes, and generated irregular and fragile baked chips, which is why it was not possible to evaluate dough formulations higher than this rate. This behavior is explained by the presence of polar fatty acids, triglycerides and phospholipids, which have been correlated with undesirable changes in the viscoelasticity of baking doughs based on wheat flour and wheat flours fortified with other flours (Ghotra *et al.*, 2002; Chin *et al.*, 2007).

In *nixtamal* maize doughs, concentrations of fatty acids higher than 6 % (w/w) were related to losses in the viscoelastic properties, where lipids seem to impede the reconfiguration of crystalline amylopectin structures or the formation of amylopectin structures

⁴Contreras-Jiménez, B., E. Morales S., M. Gaytán M. 2015. Efecto de acondicionamiento sobre las propiedades reológicas de masa de maíz nixtamalizada obtenida por extrusión. Instituto Politécnico Nacional (CICATA-IPN). Tesis doctoral. pp: 78-128. Repositorio DSpace IPN <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/21521>

masas panificables con base en harina de trigo y en harinas de trigo fortificadas con otras harinas (Ghokra *et al.*, 2002; Chin *et al.*, 2007).

En masas nixtamalizadas de maíz, las concentraciones de ácidos grasos mayores al 6% (p/p) se relacionaron con pérdidas en las propiedades viscoelásticas, y los lípidos parecen impedir la reconfiguración de las estructuras cristalinas de amilopectina o la formación de estructuras de amilopectina – iones de calcio, o ambas, después de la retrodegradación ocasionada por la cocción alcalina (Mondragón-Chaparro *et al.*, 2004).

Atributos de color

La harina de ajonjolí no modificó ($p > 0.05$) los atributos de color de los productos panificados en las variedades de maíz evaluadas (Cuadro 1). Los cambios de color en los productos panificados se debieron a la presencia de diversas fracciones del grano de maíz, como el cotiledón, el endospermo y la cascari-lla; y también la de otros compuestos que influyen en el color (el aceite proveniente del ajonjolí, as antocianinas del maíz, y los productos de la oxidación de dichos compuestos por efecto de la cocción).

Los cambios en la luminosidad pueden estar relacionados con la presencia de aceites; mientras que cambios en los parámetros a^* y b^* pueden ser el resultado de la presencia de otros metabolitos secundarios.

Dureza

Sin la adición de harina de ajonjolí, las láminas panificadas de la variedad bolita rojo exhibieron la mayor dureza, 9.16 N s^{-1} (Cuadro 2), mientras que las láminas de la variedad bolita amarillo tuvieron la menor dureza, 2.77 N s^{-1} . La adición de la harina de

- calcium ions, or both, after the retro-degradation caused by alkaline cooking (Mondragón-Chaparro *et al.*, 2004).

Color attributes

The sesame flour did not modify ($p > 0.05$) the color attributes of the baked goods in the maize varieties evaluated (Table 1). The color changes in the baked goods resulted from the presence of various fractions of the maize grain, such as cotyledon, endosperm and husk, as well as those of other compounds that influence color (oil from sesame, as well as maize anthocyanins, and products from oxidation of those compounds from cooking).

The changes in luminosity can be related to the presence of oils, while changes in the parameters a^* and b^* can result from the presence of other secondary metabolites.

Hardness

Without the addition of sesame flour, the baked chips of the *bolita rojo* variety exhibited the highest hardness, 9.16 N s^{-1} (Table 2), while the chips of the *bolita amarillo* variety exhibited the lowest hardness, 2.77 N s^{-1} . The addition of sesame flour increased the hardness of the baked chips elaborated with the *bolita amarillo* variety (8.15 N s^{-1}) for a MF:SF rate of 17:3; meanwhile, the *bolita rojo* variety exhibited the greatest decrease in hardness for the same flour rate (4.2 N s^{-1}). These results were different from those observed in maize tortillas mixed with triticale flour, and in other baked goods. Thus, Vaca-García *et al.* (2011) reported a decrease in the final hardness of tortillas made with *nixtamal* maize flour base to which triticale flour was added up to a rate of 2:1

Cuadro 1. Evaluación del cambio de color (ΔE_{ab}) de las láminas panificadas.
Table 1. Assessment of the color change (ΔE_{ab}) of baked chips.

Relación harina de maíz: harina de ajonjolí	Zapalote chico	Bolita azul	Bolita morado	Bolita rojo	Bolita amarillo
20 : 0	73.24±2.74	1.19±2.59	47.72±5.38	51.64±3.45	77.83±2.94
19 : 1	69.63±0.17	1.26±0.62	53.05±1.29	53.40±2.08	75.30±4.31
18 : 2	68.86±1.66	1.23±1.35	48.54±1.98	55.33±0.68	74.80±1.38
17 : 3	69.79±2.73	1.24±1.76	50.60±2.01	53.07±2.97	69.80±3.59

Sin diferencia estadística (Tukey, $p > 0.05$). ♦ Without statistical difference (Tukey, $p > 0.05$).

ajonjolí aumentó la dureza en las láminas panificadas elaboradas con la variedad bolita amarillo (8.15 N s⁻¹) para una relación HM:HA de 17:3, mientras que la variedad bolita roja mostró el mayor decremento en la dureza para la misma relación de harina (4.2 N s⁻¹). Estos resultados fueron diferentes a los observados en tortillas de maíz y harina de triticale y en otros productos panificados. Así, Vaca-García *et al.* (2011) reportaron una disminución en la dureza final de tortillas elaboradas con una base de harina nixtamalizada de maíz adicionada con harina de triticale hasta una proporción 2:1 (p/p), y el proceso de reconfiguración de la red cristalina de almidones de la harina de triticale impidió la retrodegradación de la amilosa y amilopectina en el producto panificado.

Awolu *et al.* (2016) encontraron cambios no significativos en la dureza de las masas panificables con base en harina de maíz (75 a 85%, p/p) a las cuales se adicionaron harinas de soya (10 a 20%, p/p) y harina de *Cyperus esculentus* (5 a 10 %, p/p). Sudha *et al.* (2007) y Noor-Aziah y Komathi (2009) reportaron que en la formulación de masas panificables mixtas

(w/w) and to which the process of reconfiguration of the crystalline network of triticale flour starch impeded the retro-degradation of amylose and amylopectin in the baked good.

Awolu *et al.* (2016) found non-significant changes in the hardness of the baking doughs based on maize flour (between 75 to 85%, w/w), to which soy flours were added (between 10 to 20% w/w) and *Cyperus esculentus* flour (between 5 to 10%, w/w). Sudha *et al.* (2007) and Noor-Aziah and Komathi (2009) reported that in the formulation of mixed baking doughs based on wheat flour, the addition of different whole cereal flours, fruits or vegetables; the freshness and hardness attributes were not modified significantly, even when the addition of other flours was close to 40 % (w/w).

The changes in hardness of various baked goods were described as the result from an increase in the concentration of polar fatty acids, triglycerides, monogalactosyl diglyceride, tri galactosyl monoglycerides, as well as their physical state in the baking dough. These compounds generate

Cuadro 2. Evaluación sensorial.
Table 2. Sensory assessment.

Raza	Relación HM:HA	Dureza (N s ⁻¹)	Frescura (N s ⁻¹)	Efecto crujiente (N mm)
Zapalote chico	20 : 0	6.46±0.87a	14.01±1.62a	6.62±2.25a
	19 : 1	4.33±0.62a	13.65±3.55a	5.54±2.04a
	18 : 2	4.20±1.67a	12.70±5.18a	4.20±2.21a
	17 : 3	4.43±2.12a	14.93±10.61a	5.68±3.89a
Bolita azul	20 : 0	3.42±0.84a	9.06±0.45a	4.47±0.53a
	19 : 1	7.30±0.99a	16.81±2.12a	9.28±0.47a
	18 : 2	6.13±1.46a	18.35±5.8a	7.4±2.25a
Bolita morado	17 : 3	5.46±1.70a	15.16±7.22a	6.89±2.66a
	20 : 0	5.11±0.84a	13.11±2.33a	5.02±0.92a
	19 : 1	7.12±0.76a	19.72±3.17a	9.75±1.83a
Bolita rojo	18 : 2	5.16±3.04a	15.90±5.54a	6.96±1.97a
	17 : 3	7.65±1.58a	22.85±9.25a	7.67±4.27a
	20 : 0	9.16±0.88a	21.23±3.33a	9.00±1.87a
Bolita amarillo	19 : 1	4.51±0.43b	9.69±1.28a	5.41±0.91a
	18 : 2	5.26±1.82b	18.42±17.73a	6.31±3.30a
	17 : 3	4.32±1.19b	10.59±4.10a	5.10±1.43a
Bolita amarillo	20 : 0	2.77±0.43a	9.87±2.91a	2.93±1.05a
	19 : 1	4.90±4.90a	14.88±2.69a	7.81±1.76a
	18 : 2	6.39±2.01a	21.72± 5.07a	9.53±5.14a
	17 : 3	8.15±2.31b	31.55± 2.39b	14.65±8.66b

Medias con distinta letra en una hilera son estadísticamente diferentes (p≤0.05). ♦ Means with different letter in a row are statistically different (Tukey, p≤0.05).

con base en harina de trigo, la adición de diferentes harinas de cereales integrales, frutas o de verduras, no modificó los atributos de frescura y dureza, aunque la adición de otras harinas fue cercana al 40% (p/p).

Los cambios en la dureza de diversos productos panificados resultan de un aumento en la concentración de ácidos grasos polares, triacilgliceroles, monogalactocildegliceroides y trigalactocilmonogliceroles, así como de su estado físico en la masa panificable. Estos compuestos generan alteraciones en la formación de las redes cristalinas de los gránulos de almidón - iones de calcio - aglutinantes (gluten/goma xantana) debido a reacciones de competencia por sitios activos en las cadenas laterales del aglutinante (Gan *et al.*, 1995; Sroan y McRitchie, 2009); así como modificaciones de la capacidad de retención de aire durante el amasado (Sroan y McRitchie, 2009; Delcour y Hoskeney, 2010) y del bióxido de carbono durante la fermentación y cocción de la masa (Autio y Laurikainen, 1997; Jacob y Leelovath, 2007; Chin *et al.*, 2010). Aumentos en la dureza de los productos panificados también se relacionaron con el patrón de aglomeración de las partículas de almidón en el interior del producto, y con la porosidad de la capa externa generada durante la cocción (Watanabe *et al.*, 2003; Mousia *et al.*, 2007; Chin *et al.*, 2010).

Frescura

El efecto de la adición de harina de ajonjolí sobre la frescura se muestra en el Cuadro 2. La adición de harina de ajonjolí a la harina de maíz de la variedad *bolita morada* causó que las láminas panificadas exhibieran el mayor atributo de frescura (19.72 N s^{-1}) en una relación harina HM:HA de 19:1; mientras que las láminas de harina de maíz de la variedad *bolita roja* mostraron el mayor decremento en la frescura (9.69 N s^{-1}) para la misma relación de harinas.

No es sencillo definir el atributo de frescura en alimentos. Cheng *et al.* (2007) y Saeleaw y Schleinig (2011) indicaron que los atributos de frescura y dureza tienen una correlación significativa, y es difícil diferenciar las aportaciones de cada uno en los productos analizados; por lo tanto se hace referencia a este atributo como un indicador de la vida de anaquel del producto. Atributos de baja firmeza se relacionan con productos más duros, que han tenido una pérdida de humedad, como sucede con el pan, o experimentan cambios en las estructuras cristalinas

alteraciones en la formación de redes cristalinas de aglutinante (gluten/xanthan gum) starch granules –calcium ions– resulting from reactions of competition over active sites in the lateral chains of the agglutinant (Gan *et al.*, 1995; Sroan and McRitchie, 2009); also, modifications of the ability to retain air during kneading (Sroan and McRitchie, 2009; Delcour and Hoskeney, 2010) and carbon dioxide during fermentation and cooking of the dough (Autio and Laurikainen, 1997; Jacob and Leelovath, 2007; Chin *et al.*, 2010). Increases in the hardness of the baked goods were also related to the pattern of agglomeration of the starch particles inside the product, and to the porosity of its external layer generated during cooking (Watanabe *et al.*, 2003; Mousia *et al.*, 2007; Chin *et al.*, 2010).

Freshness

The effect of adding sesame flour on freshness is shown in Table 2. The addition of sesame flour to the maize flour from the *bolita morada* variety caused for the baked chips to exhibit the highest attribute of freshness (19.72 N s^{-1}) in a MF:SF flour rate of 19:1, while the maize flour chips of the *bolita roja* variety showed the highest decrease in freshness (9.69 N s^{-1}) for the same flour rate.

It is not simple to define the attribute of food freshness. Cheng *et al.* (2007) and Saeleaw and Schleinig (2011) indicated that the attributes of freshness and hardness are significantly correlated, and it is difficult to differentiate the contributions of each in the products analyzed; therefore, this attribute is normally referred to as an indicator of the shelf life of the product. Attributes of low firmness in products are related with harder products, which have experienced a loss of moisture, as it happens with bread, or else which experience changes in the crystalline structures of their components generating an increase in hardness, for example in tortillas.

Crunch effect

The MF:SF rate modified ($p \leq 0.05$) the crunch effect (Table 2) starting from the proportion 17:3. In the baked chips without addition of sesame flour, the *bolita roja* variety exhibited the highest crunch effect (9.00 N mm) while the *bolita amarillo* variety exhibited the lowest effect (2.93 N mm). With the

de sus componentes que generan un aumento en la dureza, por ejemplo en las tortillas.

Efecto crujiente

La relación HM:HA modificó ($p \leq 0.05$) el efecto crujiente (Cuadro 2) a partir de la proporción 17:3. En las láminas panificadas sin la adición de harina de ajonjolí, la variedad bolita rojo exhibió el mayor efecto crujiente (9.00 N mm) mientras que la variedad bolita amarillo mostró el menor efecto (2.93 N mm). Con la adición de harina de ajonjolí, el mayor aumento en el efecto crujiente se observó en la variedad bolita amarillo (14.65 N mm), en una relación de harina de ajonjolí: maíz de 17:3; mientras que la variedad bolita roja exhibió el menor efecto crujiente para la misma relación de harinas (5.10 N mm).

Varios factores afectan el volumen del producto panificado final y la conformación de las redes de almidón-iones del calcio-aglutinante (gluten/goma xantana) (Brooker, 1996; Crowley *et al.*, 2000; Sloan y MacRitchie, 2009). Estas propiedades tienen una correlación directa con las propiedades crujientes.

La dureza, la frescura y el efecto crujiente se han explicado por los patrones de compresión (Figura 1). La dureza se relaciona con la magnitud de la mayor inflexión, mientras que el efecto crujiente se correlaciona con la presencia de múltiples inflexiones durante el periodo de prueba (Cheng *et al.*, 2007). La mayor inflexión se presenta para todas las proporciones de HM:HA evaluadas, después de los 20 s.

La evaluación de la frescura se determina de forma inversa a la usada para describir los atributos de dureza y esta interpretación está relacionada con el uso final del producto. Por ejemplo, en masa de harina de trigo para obtener pan, se buscan productos con bajos índices de fuerza e inflexiones de baja amplitud y frecuencia, referidos a productos frescos y de consistencia blanda. Además, para obtener botanas fritas o tostadas se prefiere índices elevados de dureza e inflexiones de alta amplitud, propiedades buscadas en productos secos y firmes (Duizer, 2004).

Evaluación del grado de aceptación

Los panelistas asignaron calificaciones altas a todos los productos panificados, lo cual indica que el grado de aceptación de los productos se encuentra en el cuartil de la máxima aceptación (8-10), pero no hubo diferencias significativas entre las proporciones HM:HA evaluadas (Cuadro 3).

addition of sesame flour, the highest increase in the crunch effect was observed in the *bolita amarillo* variety (14.65 N mm), in a maize:sesame flour rate of 17:3, while the *bolita rojo* variety exhibited the lowest crunch effect for the same flour rate (5.10 N mm).

Various factors affect the volume of the final baked good and the configuration of starch-ions networks of the calcium-agglutinant (gluten/xanthan gum) (Brooker, 1996, Crowley *et al.*, 2000, Sloan and MacRitchie, 2009); these properties are directly correlated with the crunch properties

Hardness, freshness and crunch effect were explained from the point of view of compression patterns (Figure 1). Hardness is related to the magnitude of the highest inflection, while the crunch effect was correlated with the presence of multiple inflections during the trial period (Cheng *et al.*, 2007). The highest inflection is presented for all the rates of MF:SF assessed, after the 20 s.

The assessment of freshness is determined inversely to the one used to describe the hardness attributes; this interpretation is related to the final use of the product, for example in wheat flour dough destined to obtaining bread, products are sought with low indices of strength and inflections of low amplitude and frequency, referred to fresh products and soft consistency. Besides, for obtaining fried or toasted snacks, high indices of hardness are preferred and high amplitude inflections, properties sought after in dry and firm products (Duizer, 2004).

Evaluation of the degree of acceptance

The panelists assigned high grades to all the baked goods (Table 3), which indicates that the degree of acceptance of the products is in the quartile of maximum acceptance (8-10), but there were no significant differences between the MF:SF rates evaluated (Table 3).

Broyart *et al.* (1998) indicated that the quality assigned by the consumer has a significant correlation with the sensory properties of the product (odor, color, flavor, texture, aftertaste, among others). The sensory evaluations by the final consumer are quite variable, and they refer to the characteristics of products without addition of components. A dark color or accentuated hardness can be interpreted as an indicator of overcooking, while a weak or accentuated odor can be interpreted as a lack of cooking or alteration of the product.

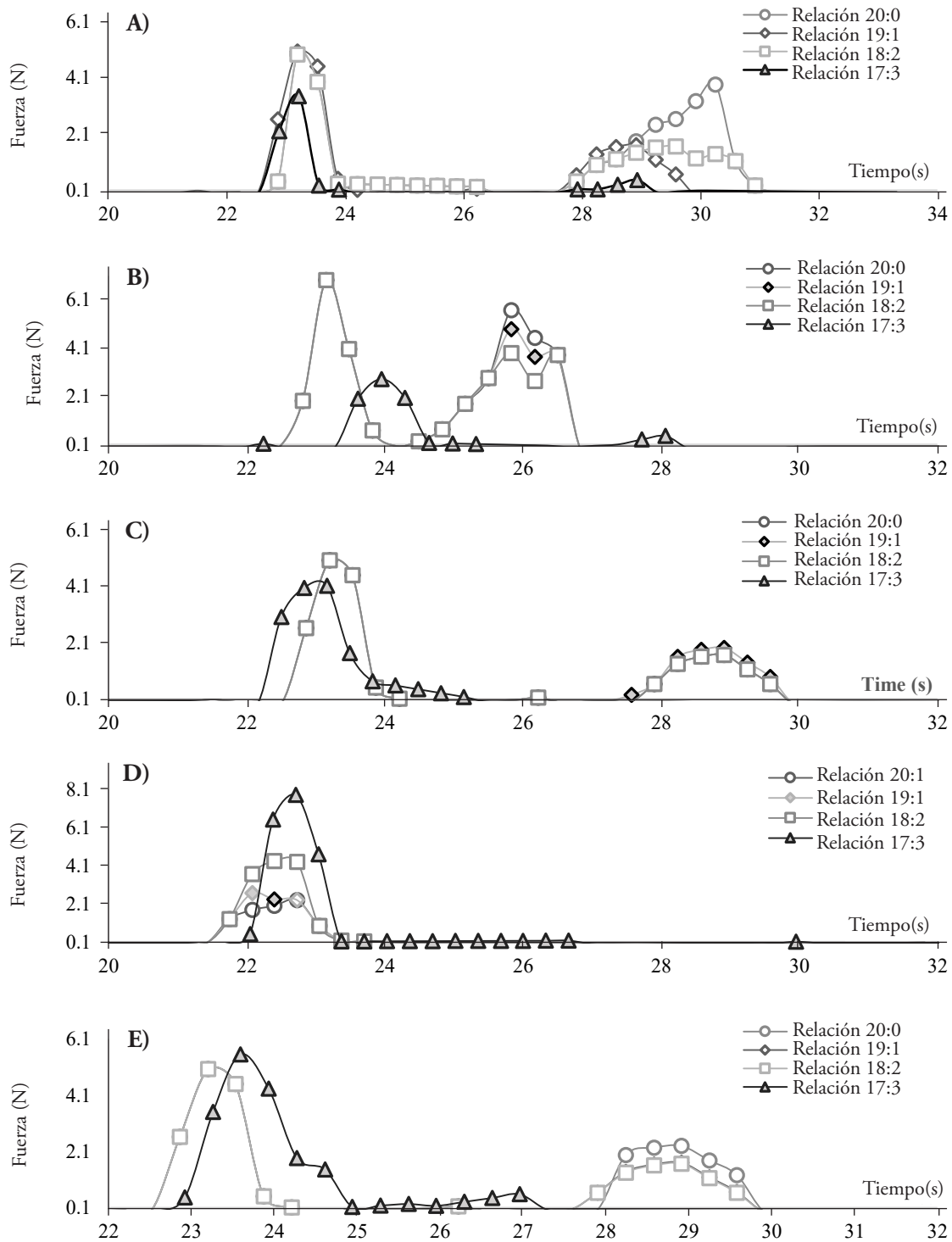


Figura 1. Patrón de compresión de los productos panificados. (A) Zapalote chico; (B) Bolita azul; (C) Bolita morado; (D) Bolita rojo; (E) Bolita amarillo.

Figure 1. Compression pattern of baked goods. (A) Zapalote chico. (B) Bolita azul. (C) Bolita morado. (D) Bolita rojo. (E) Bolita amarillo.

Cuadro 3. Evaluación sensorial por panel de degustación.
Table 3. Sensory assessment by tasting panel.

Raza	Relación HM:HA			
	20:0	19:1	18:2	17:3
Zapalote chico	8.13±0.63	8.13±0.83	8.00±0.92	7.80±0.86
Bolita azul	8.00±0.84	8.27±0.79	7.87±0.74	8.07±0.79
Bolita morado	8.27±0.79	7.93±0.88	7.93±0.96	7.87±0.74
Bolita rojo	7.73±0.88	7.80±0.67	8.00±0.92	7.80±0.77
Bolita amarillo	7.93±0.88	8.00±0.92	8.20±0.67	8.07±0.79

Sin diferencia estadística (p>0.05). ❖ Without statistical difference (Tukey, p>0.05).

Broyart *et al.* (1998) indicaron que la calidad asignada por el consumidor tiene una correlación significativa con las propiedades sensoriales del producto (olor, color, sabor, textura, regusto, entre otras). Las evaluaciones sensoriales por el consumidor final son muy variables y se refieren a las características de los productos sin adición de componentes. Un color oscuro o una dureza acentuada puede interpretarse como un indicador de sobre cocción, mientras que un olor tenue o acentuado se puede interpretar como una falta de cocción o alteración del producto.

CONCLUSIONES

La máxima relación HM:HA que permite conservar las características viscoelásticas necesarias para la producción de productos tostados fue 17:3 HM:HA.

Las láminas panificadas de la variedad bolita rojo a las cuales no se les adicionó harina de ajonjolí exhibieron las mejores propiedades crujientes entre las razas de maíz evaluadas.

Las láminas panificadas de la variedad bolita amarillo adicionadas con harina de ajonjolí en una proporción de 17:3 (HM:HA), mostraron las mejores propiedades crujientes entre las mezclas panificadas evaluadas.

La formulación de mezclas de harina de diferentes razas nativas de maíz y de harina de ajonjolí permite obtener nuevos productos panificados atractivos y de alta aceptación por el consumidor.

AGRADECIMIENTOS

Los autores reconocen la ayuda económica otorgada por la Comisión de Operación y Fomento de Actividades Académicas del Instituto Politécnico Nacional (COFAA –IPN), para la publicación de este manuscrito.

CONCLUSIONS

The maximum MF:SF rate that allows conserving the necessary viscoelastic characteristics for the production of toasted products was 17:3 MF:SF.

The baked chips of the *bolita rojo* variety to which no sesame flour was added exhibited the best crunch properties of the maize landraces evaluated.

The baked chips of the *bolita amarillo* variety added with sesame flour in a proportion of 17:3 (MF:SF) exhibited the best crunch properties among the baking mixtures evaluated.

The formulation of flour mixtures of different maize varieties of landraces and sesame flour allow obtaining new baked goods, attractive and of high acceptance by the consumer.

—End of the English version—



LITERATURA CITADA

Agama-Acevedo, E., Y. Salinas-Moreno, G. Pacheco-Vargas, y L. A. Arturo Bello-Pérez. 2011. Características físicas y químicas de dos razas de maíz azul: morfología del almidón. *Rev. Mex. Cienc. Agric.* 2: 317-329.

Autio, K., and T. Laurikainen. 1997. Relationships between flour/dough microstructure and dough handling and baking properties. *Trends Food Sci. Technol.* 8: 181-185.

Awolu O, O., O. S. Omoba, O. Olawoye, and M. Dairo. 2016. Optimization of production and quality evaluation of maize – based snack supplemented whit soybean and tigernut (*Cyperus esculenta*) flour. *Food. Sci. Nutr.* 5: 3-13.

Brooker, B. E. 1996. The role of fat in the stabilization of gas cells in bread dough. *J. Cereal. Sci.* 24: 187-198

- Broyart, B., G. Trystram, and A. Duquenoy. 1998. Predicting color kinetics during cracker baking. *J. Food. Eng.* 35: 351-368.
- Cheng, E., M., S. Alavi, T. C. Pearson, and R. Agbisit. 2007. Mechanical-acoustic and sensory evaluations of cornstarch-protein isolate extrudates. *J. Texture. Stud.* 38: 473-498.
- Chin, N., K. Goh, R. Adul-Rahman, and M. Hashim D. 2007. Functional effect of fully hydrogenated palm oil-based emulsifiers on baking performance of white bread. *International J. Food Eng.* 3: 1-17.
- Chin N., R. Abdul-Rahman, M. Hashim D, and S. Yue-Kowng. 2010. Palm oil shortening effects on baking performance of white bread. *J. Food Process. Eng.* 33: 413 - 433.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad). 2010. Taller sobre la argumentación para conservar las razas mexicanas de maíz del proyecto recopilación, generación, actualización y análisis de información acerca de la diversidad genética de maíces y sus parientes silvestres en México. https://www.biodiversidad.gob.mx/genes/pdf/proyecto/Anexo9_Analisis_Especialistas/Jesus_Sanchez_2011.pdf. (Consulta: mayo 2019).
- Contreras-Jiménez, B., E. Morales-Sánchez, M. L. Reyes-Vega, y M. Gaytán-Martínez. 2013. Propiedades funcionales de harinas de maíz nixtamalizado obtenidas por extrusión a baja temperatura. *CYTA- J. Food* 12: 2636-270.
- Crowley, P., H. Grau, and E. K. Arendt. 2000. Influence of additives and mixing time on crumb grain characteristics of wheat bread. *Cereal Chem.* 77: 370-375.
- Delcour, J. A., and R. C. Hoseney. 2010. *Principles of Cereal Science and Technology* (3rd). AACC International Inc. Minnesota. 260 p.
- Duizer, L. 2004. Sound input techniques for measuring texture. *In: Kilcast, D. (ed). Texture in Food*. Woodhead Publishing, Cambridge, U.K. pp: 146-166.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 1999. Norma Oficial Mexicana (NOM) 147-SSA1. 1996. "Bienes y servicios. Cereales y sus productos. Harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de cereales, de semillas comestibles, harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales". México, D.F. pp: 3.
- Gan, Z., P. R. Ellis, and J. D. Schofield. 1995. Gas cell stabilization and gas retention in wheat bread dough. *J. Cereal. Sci.* 21: 215-230.
- Ghotra, B. S., S. D. Dyal, and S. S. Narine. 2002. Lipid shortenings: a review. *Food Res. Int.* 35: 1015-1048.
- Hemalatha, S., and Ghafoorunissa. 2004 Lignans and tocopherols in Indian sesame cultivars. *JAOCs.* 81: 467-470.
- Jacob, J., and K. Leelovath. 2007. Effect of fat-type on cookie dough and cookie quality. *J. Food Eng.* 79: 299-305.
- Luyten, H., J. Plijter, and T. van Vliet. 2004. Crisp/Crunchy crusts of cellular foods: a literature review with discussion. *J. Texture Stud.* 35: 445-492.
- Mallikarjunan, P. 2004. Understanding and measuring consumer perceptions of crispness. *In: Kilcast, D. (ed). Texture in Food. Vol 2: Solid foods*. Woodhead, Cambridge. pp: 200-210.
- Mamat, H., and S. E. Hill. 2014. Effect of fat types on the structural and textural properties of dough and semi-sweet biscuit. *J. Food Sci. Technol.* 51: 1998-2005.
- Mondragón-Chaparro, M., L. A. Bello-Pérez, E. Agama-Acevedo, D. Betancur-Ancona, and J-L. Peña. 2004. Effect of cooking time, steeping and lime concentration on starch gelatinization of corn during nixtamalization. *Starch* 56: 248-253
- Mousia, Z., G. M. Campbell, S. S. Pandlalla, and C. Webb. 2007. Effect of fat level, mixing pressure and temperature on dough expansion capacity during proving. *J. Cereal. Sci.* 46: 139-147.
- Noor-Aziah, A. A., and C. Komathi. 2009. Physicochemical and functional properties of peeled and unpeeled pumpkin flour. *J. Food. Eng.* 74: 328-333.
- Pedreschi, F., and P. Moyano. 2005. Oil uptake and texture development in fried potato slices. *J. Food. Eng.* 70: 557-563.
- Saeleaw, M., and G. Schleining. 2011. Effect of frying parameters on crispiness and sound emission of cassava crackers. *J. Food. Eng.* 103: 229-236.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2017. *Planeación Agrícola Nacional 2017-2030*. SAGARPA, Ciudad de México. pp: 8-28.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2018. *Acciones y Programas; Producción Agrícola*. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalSinPrograma.do (Consulta: abril 2019).
- Sharma, A. 2018. *Understanding Color Management*. 2nd edition. John Miley & Sons Ltd. New York, USA. 305 p.
- Sroan, B. S, and F. MacRitchie. 2009. Mechanism of gas cell stabilization in breadmaking. The secondary liquid lamellae. *J. Cereal. Sci.* 49: 41-46.
- Statistica. Statsoft - Statistica ver. 7.0. Disponible para descarga a partir de un servidor informático ajeno a statsoft Ltd. <https://statistica.software.informer.com/7.0/> (Consulta: noviembre 2019).
- Statistica. TIBCO-Statistica ver. 13.0 <http://www.statsoft.com/Products/STATISTICA-Features> (Consulta: noviembre 2019).
- Sudha, M. L., R. Vetrmani, and K. Leelavathi. 2007. Influence of fiber from different cereals on the rheological characteristics of wheat flour dough and biscuit quality. *Food Chem.* 100: 1365-1370.
- Thanatukorn, P., K. Kajiwara, and T. Suzuki. 2007. Characterization of deep-fat frying in a wheat flour-water mixture model using a state diagram. *J. Sci. Food Agric.* 87: 2648-2656.
- Vaca-García, V. M., C. G. Martínez-Rueda, Ma. D. Mariezcurrena-Berasain, and A. Dominguez-Lopez. 2011. Functional properties of tortillas with triticale flour as a partial substitute of nixtamalized corn flour. *J. Food Sci. Technol.* 44: 1383-1387.
- van Vliet, T., J. E. Visser, and H. Luyten. 2007. On the mechanism by which oil uptake decreases crispy/crunchy behavior of fried products. *Food Res. Int.* 40: 1122-1128.
- Watanabe, A., K. Yokomizo, and A. Eliasson. 2003. Effect of physical states of nonpolar lipids on rheology, ultracentrifugation, and microstructure of wheat flour dough. *Cereal Chem.* 80: 281-284.
- Yoshida, H., M. Tanaka, Y. Tomiyama, and Y. Mizushima. 2007. Regional distribution in the fatty acids of triacylglycerols and phospholipids of sesame seeds (*Sesamum indicum*). *J. Food Lipids* 14:189-201.