

## CALIDAD DE GRANO, TORTILLAS Y BOTANAS DE DOS VARIEDADES DE MAÍZ DE LA RAZA COMITECO

### GRAIN, TORTILLAS AND SNACKS QUALITY OF TWO CORN VARIETIES OF THE COMITECO RACE

Bulmaro Coutiño Estrada<sup>1\*</sup>, Gricelda Vázquez Carrillo<sup>2</sup>, Braulio Torres Morales<sup>1</sup> y Yolanda Salinas Moreno<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Centro de Chiapas, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Km 3 Carr. Ocozacoatlán-Cintalapa. Apdo. postal 1. Ocozacoatlán, Chiapas. Tel y fax 01(968)688-2918 Ext 114 y Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad Autónoma de Chiapas. <sup>2</sup>Laboratorio de Calidad de Maíz, Campo Experimental Valle de México, INIFAP. Km 42 Carr. México-Textcoco. Apartado postal 10. Chapingo, México.

\* Autor para correspondencia (coutino.bulmaro@inifap.gob.mx)

#### RESUMEN

Se utilizaron granos de las variedades 'V-229' y 'V-231A' de maíz (*Zea mays* L.) para determinar sus propiedades físicas y químicas y su calidad para tortillas y botanas. La variedad 'V-229' produjo grano mediano de color crema, con textura intermedia y alto porcentaje de proteína (11.2 %), con 3.9, 0.29 y 0.07 % de aceite, lisina y triptofano, respectivamente; la humedad de su nixtamal fue de 39.6 % y la de sus tortillas de 41 %, con pérdida de sólidos de 3.2 % y una retención de pericarpio de 42.5 %, lo que significa que estos granos son apropiados para las industrias de la masa y la tortilla. La variedad 'V-231A' formó grano grande de color amarillo, con un índice de flotación de 37 % correspondiente a textura dura, con altos porcentajes de aceite (4.9 %) y proteína (11.9 %). Los altos contenidos de luteína (14.3 µg g<sup>-1</sup>) y de β-caroteno (5.22 µg g<sup>-1</sup>) de la 'V-231A' indican que es una alternativa viable para mejorar la calidad nutricional de las tortillas y botanas, así como una excelente opción en la alimentación de aves.

**Palabras claves:** *Zea mays*, raza Comiteco, calidad de grano, tortillas, botanas.

#### SUMMARY

Grains of the corn (*Zea mays* L.) varieties 'V-229' and 'V-231A' were analyzed regarding their physical and chemical properties and their suitability for tortilla and snack preparation. Grains produced from variety 'V-229' were medium size and cream colored, with intermediate texture and high protein content (11.2 %), plus 3.9, 0.29 and 0.07 % of oil, lysine and tryptophan, respectively; moisture content of its nixtamal and tortillas were 39.6 and 41 % respectively, with a solid loss of 3.2 % and a pericarp retention of 42.5 %, thus indicating that these corn kernels are adequate for the tortilla and masa industries. Grains from variety 'V-231A' were larger and yellow

colored, with a flotation index of 37 % corresponding to a hard texture, and with high contents of oil (4.9 %) and protein (11.9 %). The high contents of lutein (14.3 µg g<sup>-1</sup>) and β-carotene (5.22 µg g<sup>-1</sup>) in variety 'V-231A' kernels suggest that this cultivar is a viable alternative to improve the nutritional quality of tortillas and snacks, as well as a valuable option for poultry feeding.

**Index words:** *Zea mays*, Comiteco race, grain quality, tortillas, snacks.

#### INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) constituye la base de la alimentación de la población mexicana, que lo consume principalmente en forma de tortilla. La elaboración industrial de tortillas demanda características específicas de la materia prima, por lo que es necesario evaluarlas en el grano y en su producto final, para determinar si los granos cumplen con las especificaciones requeridas por las industrias de la harina nixtamalizada, de la masa y de la tortilla.

Hasta hace pocos años, los programas de mejoramiento genético tenían como objetivo principal elevar el rendimiento de grano. La apertura comercial, la competencia de productores nacionales con agricultores extranjeros altamente tecnificados y las necesidades propias de la industria nacional han propiciado que los programas de mejoramiento incluyan aspectos de calidad industrial. Con este nuevo enfoque, el programa de Mejoramiento Genético de Maíz del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) tiene como objetivo principal generar variedades e híbridos de alto rendimiento y con la calidad de grano que requieren los industriales y los consumidores, por lo que el trabajo de campo se debe apoyar con el de laboratorio.

En la República Mexicana son especialmente demandados los maíces de grano blanco para la elaboración de tortillas; sin embargo, los de color amarillo ofrecen ventajas en cuanto a la textura y apariencia de las botanas (Guerrero, 1998), además de aportar el β-caroteno que es la forma activa de la vitamina A y es importante para el crecimiento, el fortalecimiento del sistema inmunológico y la visión nocturna (Serna, 1996). En las dietas para pollos las xantofilas (carotenoide) son necesarias para impartir el color amarillo de la carne y la yema del huevo (Loy y Wright, 2003). En el proceso de molienda húmeda se prefieren los maíces amarillos porque normalmente proporcionan mayor rendimiento de almidón (64-72 %) que los maíces blancos (Johnson y May, 2003).

La Meseta Comiteca, en Chiapas, se caracteriza por ser la segunda región estatal productora de maíz con 128 000 ha sembradas exclusivamente de variedades criollas de la raza Comiteco, tanto de grano blanco como de grano amarillo, donde se cosecha 22 % de la producción

total estatal (SIAP, 2007). Las únicas dos variedades mejoradas formadas para esta región son 'V-229' y 'V-231A', las cuales provienen del primer ciclo de selección combinada practicada en las poblaciones de amplia base genética denominadas 'Comiteco Blanco' y 'Comiteco Amarillo', que fueron formadas con los mejores 10 criollos blancos y con los mejores 17 criollos amarillos (Betzanos *et al.*, 2000a, b). La 'V-229' puede producir 5.9 t ha<sup>-1</sup> de grano a nivel comercial, 14 % más que las variedades criollas blancas, y la 'V-231A' rinde 6.5 t ha<sup>-1</sup> y 27 % más que los criollos amarillos (Coutiño *et al.*, 2004). El objetivo de esta investigación fue determinar las propiedades físicas, químicas y la calidad de tortillas y botanas de las variedades comitecas de maíz 'V-229' y 'V-231A'.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el ciclo agrícola primavera-verano del 2002 se produjo semilla original de las variedades 'V-229' y 'V-231A' en Teopisca, Chiapas (1760 m de altitud), que fue cosechada en enero del 2003. Una muestra de la semilla de ambas variedades se envió al Laboratorio de Maíz del INIFAP para la evaluación de su calidad, donde se dividió en dos submuestras para medir las variables físicas, químicas y la calidad de tortilla y botanas.

### Características físicas y químicas del grano

Las variables físicas evaluadas en el grano fueron: peso de 100 granos, índice de flotación (Salinas *et al.*, 1992), peso por hectolitro (Método 84-10, AACC, 2000), color (Método 14-30; AACC, 2000). Las variables químicas evaluadas fueron los contenidos de: aceite (Método 30-10; AACC, 2000), proteína (Método de Technicon; descrito por Wall y Gehrke, 1974), lisina y triptofano (Métodos colorimétricos de Tsai *et al.*, 1972 y Opienska-Blauth *et al.*, 1963, respectivamente); en la variedad V-231A se obtuvo el perfil de carotenos por cromatografía líquida de alta resolución con la metodología descrita por Kurilich y Juvik (1999).

### Calidad de nixtamal y tortillas

Ambas calidades se evaluaron con los métodos descritos por Salinas y Vázquez (2006). Conforme a su dureza, a la variedad 'V-229' se le asignaron 35 min en ebullición (nixtamalización) y la 'V-231A' 40 min. En el nixtamal resultante se evaluaron los porcentajes de humedad, pérdida de sólidos y pericarpio remanente. En las tortillas se determinó: color, con el método 14-30 de la AACC (2000) y se reportó como porcentaje de reflectancia; humedad (%); rendimiento, expresado como kilogramos de tortillas obtenidas por kilogramo de maíz nixtamaliza-

do; y fuerza máxima de compresión (dureza), la cual se reportó en gramos fuerza (gf). Ambos maíces se compararon con dos variedades comerciales ('Halcón' y 'HE-1'), identificados en el laboratorio como testigos por proporcionar tortillas de excelente calidad.

### Calidad de botanas

La nixtamalización consistió en adicionar 0.7 % de cal [Ca (OH)<sub>2</sub>] y 2 L de agua, a 1 kg de maíz; la mezcla se dejó ebullición durante 10 min, seguida de un reposo de 14 h. En el nixtamal limpio se evaluaron los porcentajes de humedad y de pericarpio remanente; en el agua de cocción se cuantificaron los sólidos solubles. La molienda del grano nixtamalizado se hizo en un molino de piedras con una separación de 0.25 mm. La masa se laminó a un espesor de 1 mm y se cortó en discos de 3.5 cm de diámetro que se deshidrataron a 50 °C durante 10 min. Posteriormente se sumergieron en aceite a 210 °C durante 1 min. En las botanas frías se determinó: humedad, color, rendimiento y textura; esta última se evaluó en el equipo Instron trabajado en modo de compresión, con la celda de 500 kg y 10 g de muestra y el aditamento Kramer de 10 cuchillas que representan a la dentadura al masticar. Se obtuvo la fuerza máxima de compresión y cizallamiento requerida para romper la botana, que se expresó en kilogramos-fuerza (kgf).

La aceptación de las botanas fue evaluada por 70 consumidores que usaron una escala hedónica para calificar las botanas. Los atributos valorados fueron: olor, color, sabor y crujencia, con una escala del 5 al 1, donde 5 significó "me gusta mucho" y 1 "me disgusta mucho" (Hernández, 2007). Los panelistas calificaron al mismo tiempo las botanas de la variedad 'V-231A', las del testigo amarillo y una marca comercial de botana.

Los resultados se analizaron con un diseño completamente al azar, con dos repeticiones. Se hicieron análisis de varianza y pruebas de comparación de medias de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), con el paquete estadístico SAS versión 9.1.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Características físicas del grano

Los granos de la variedad 'V-229' eran de color cremoso, diferentes a los del testigo que eran menos cremosos; esta evaluación sirve para dar una idea del color que se obtendrá en las tortillas. En los dos maíces amarillos el porcentaje de reflectancia fue estadísticamente igual (Cuadro 1). Ambas variedades comitecas tuvieron granos más pesados que el de sus testigos debido al mayor

tamaño de sus granos, ya que sus pesos hectolítricos e índices de flotación fueron menores que el de los dos testigos. Las texturas, intermedia en 'V-229' y dura en 'V-231A', fueron ligeramente inferiores a la establecida en la norma NMX-034 (2002) (Cuadro 1), pero que la experiencia indica que ambos maíces son aptos para la industria tradicional de la masa y la tortilla (Salinas y Vázquez, 2003).

### Calidad de nixtamal y tortillas

Los maíces 'V-229' y 'V-231A' se recomiendan para la industria tradicional de la masa y la tortilla. Comparados con los testigos, estas dos variedades registraron menores porcentajes de humedad del nixtamal, de sólidos desprendidos y de pericarpio retenido (Cuadro 1), pero en ambos casos se ubicaron dentro de los rangos establecidos por la norma NMX-034 (2002). La menor absorción de agua durante la nixtamalización se relacionó con menor humedad en las tortillas y menores rendimientos por kilogramo de maíz nixtamalizado, respecto a los testigos; de acuerdo con Robutti *et al.* (1999), las diferencias en calidad de los maíces se deben a su composición química, en la que destacan los contenidos de almidón y amilosa. Las tortillas con mayor humedad (testigo blanco) fueron las más suaves. La textura de las tortillas fue igual en los dos maíces amarillos ( $P \leq 0.05$ ) y semejante a la variedad 'V-229' de color blanco (Cuadro 2). Las tortillas de la variedad 'V-229' fueron más blancas que las del correspondiente testigo blanco, comportamiento inverso al observado en los granos, lo cual se atribuye a la menor retención de pericarpio (42.5 %) y a lo harinoso del endospermo de los granos de 'V-229'. Las tortillas de la variedad 'V-

231A' resultaron de color amarillo brillante, agradable y aceptable por los consumidores (datos no mostrados), color que se atribuye a una mayor cantidad de carotenoides que en el testigo amarillo en el que el intenso color amarillo pudiera deberse a otros pigmentos.

### Componentes químicos en grano y tortillas

La variedad 'V-229' de grano blanco tuvo menor contenido de aceite que su testigo, pero elevado porcentaje de proteína en grano (Cuadro 3); esta mayor acumulación de nitrógeno se relaciona con la fertilización nitrogenada que incrementa la síntesis de zeína (fracción con escaso contenido de lisina y triptofano); la dosis de fertilizante que se aplicó a las plantas que dieron origen a esta semilla fue 135N-70P-0K, con urea y fosfato diamónico. El alto contenido de aceite de la variedad amarilla 'V-231A' (4.9 %) y su elevada retención en las tortillas, favorece la rolabilidad de este alimento (Twillman y White, 1988); de igual manera, los maíces con alto contenido de aceite son demandados para la alimentación de animales por ser una mejor fuente energética (Pioneer, 2007).

Se observó que durante la elaboración de tortillas la pérdida de aceite fue menor a la informada por la FAO (1992), mientras que la proteína se redujo en 20 % respecto a lo reportado por Ortega *et al.* (1986) (Cuadro 3). Estas diferencias son producto no sólo del tipo de maíz sino también del procesamiento (tiempos de cocción, concentraciones de cal usadas y de lo ligero o exhaustivo del lavado del nixtamal), en el que puede eliminarse parte de la capa de aleurona y pequeñas cantidades de germen (FAO, 1992).

**Cuadro 1. Propiedades físicas de grano y de nixtamal de las variedades de maíz 'V-229' y 'V-231A'. Teopisca, Chiapas, 2003.**

Variedad	Color (%) reflectancia	P100G <sup>†</sup> (g)	PH <sup>†</sup> (kg hL <sup>-1</sup> )	IF (%)	Nixtamal (%)		
					Humedad	Sólidos	PR
'V-229'	57 b	37.4 a	73.1 b	45 a (I)	39.6 b	3.2 b	42.5 b
Test. Blanco	67 a	28.8 b	78.0 a	30 b (D)	42.9 a	3.4 a	48.4 a
'V-231A'	42 a	43.5 a	74.6 b	37 a (D)	39.3 b	3.2 b	42.7 b
Test. Amarillo	43 a	34.7 b	78.0 a	37 a (D)	47.9 a	3.8 a	49.1 a
NMX-034 (2002)	> 55 <sup>‡</sup>		> 74	< 40	36-42	< 5.0	> 40.0

Medias con letras iguales entre maíces del mismo color de grano, no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

<sup>†</sup> Uniformados a 12 % de humedad (Salinas y Vázquez, 2003).

<sup>‡</sup> Valores entre 13 y 37 % corresponden a textura dura (D), y de 38 a 62 % a textura Intermedia (I).

<sup>§</sup> Industria Maseca, para maíz blanco. P100G = Peso de 100 granos; PH = Peso hectolítrico; IF = Índice de flotación; PR = Pericarpio retenido.

**Cuadro 2. Características de calidad en tortillas elaboradas con granos de las variedades de maíz 'V-229' y 'V-231A'. Teopisca, Chiapas, 2003.**

Variedad	Humedad (%)	Rendimiento <sup>†</sup> (kg)	Color (%) reflectancia	Fza. máx. compresión (gf)
'V-229'	41.4 b	1.44 b	83.0 a	510 a
Testigo Blanco	45.9 a	1.55 a	81.5 a	435 b
'V-231A'	41.8 a	1.38 b	77.0 a	556 a
Test. Amarillo	42.9 a	1.55 a	67.0 b	595 a

Medias con letras iguales entre maíces del mismo color de grano, no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

<sup>†</sup> kg de tortilla/ kg de maíz nixtamalizado.

Los contenidos de lisina y triptofano de las variedades ‘V-229’ y ‘V-231A’ fueron superiores a los de sus testigos (Cuadro 3). El ligero incremento en el porcentaje de lisina de las tortillas de la variedad amarilla ‘V-231A’ se explica porque parte del pericarpio, almidón y proteína se solubiliza en el agua de cocción del nixtamal (denominado “nejayote”), de modo que los componentes restantes se concentran (Bressani, 1990). Por otra parte, se ha informado que este aminoácido permanece estable después del proceso térmico-alcalino (Ortega *et al.*, 1986). En triptofano las pérdidas fueron de 57 % en la ‘V-229’ y de 43 % en la ‘V-231A’, valores superiores a los informados por Ortega *et al.* (1986), y pudiera estar relacionado con la suavidad de los granos.

**Calidad de botanas y carotenoides**

La reducción en el tiempo de nixtamalización de la variedad amarilla ‘V-231A’ y de su testigo, disminuyó la pérdida de sólidos y la absorción de agua, y en ‘V-231A’ favoreció una mayor retención de pericarpio, respecto a los valores obtenidos en la nixtamalización para elaborar tortillas. Un kilogramo de maíz proporcionó 1 kg de botanas, cuya humedad fue reducida y semejante a la de botanas comerciales. Las botanas de la variedad ‘V-231A’ tuvieron 17 % menos aceite que las comerciales, lo cual se atribuye a la deshidratación previa que sufrió la masa, ya que el espacio ocupado por el agua fue sustituido por el aceite durante el freído; estas botanas también registraron mayores contenidos de proteína y triptofano que los testigos (Cuadro 4). Las botanas de la variedad ‘V-231A’ fueron de color amarillo dorado, semejante a las del testigo comercial que fue calificado por los panelistas como: “me gusta mucho”; estas botanas requirieron una fuerza de cizallamiento para fragmentarlas de 782 kgf, superior a la demandada por los testigos, resultado que se asoció con la calificación de crujencia hecha por los consumidores y que fue “me gusta”. La calificación del sabor fue “me gusta mucho”.

La variedad del grano amarillo ‘V-231A’ sobresalió por su alto contenido de aceite (4.9 %) (Cuadro 3) y de carotenos (23.6 µg g<sup>-1</sup>) (Cuadro 5) en el grano entero, cuyos pigmentos se encontraron en proporciones altas y próximas al máximo informado por varios autores (Lozano *et al.*, 2007), lo que podría mejorar su acción anticancerígena y capacidad antioxidante (White y Weber, 2003), en beneficios de la salud humana para la prevención de lesiones maculares y retinianas (De Chávez *et al.*, 1999). En dietas para aves el grano amarillo imparte el color demandado en la yema de huevo y en la piel de los pollos (Weber, 1987; Williams, 1992). Las proporciones de carotenoides en botanas fueron similares a la del grano, aunque en menor cantidad debido a la pérdida de estos pigmentos por efecto de las temperaturas de nixtamalización y de freído (Aman *et al.*, 2005). La provitamina A se retuvo en 33 % durante la transformación en botanas, para lograr un contenido final de 1.7 µg por g de botana. De acuerdo con el USDA citado por Serna (1996), los requerimientos de niños entre 6 y 10 años de edad son de 700 µg de vitamina A, por lo que puede inferirse que el consumo de este maíz, ya sea en forma de tortillas o de botanas, puede aportar porciones significativas de esta vitamina.

**CONCLUSIONES**

Los maíces ‘V-229’ y ‘V-231A’ resultaron apropiados para la industria tradicional de la masa y la tortilla. Los procesos de nixtamalización y de elaboración de tortillas no redujeron los contenidos de lisina encontrados en el grano; en cambio; en triptofano hubo pérdidas de 57 % en la variedad de maíz ‘V-229’ y de 43 % en ‘V-231A’. Los altos contenidos de luteína (14.3 µg g<sup>-1</sup>) y de β-caroteno (5.22 µg g<sup>-1</sup>) de la ‘V-231A’ indican que está es una variedad con potencial para mejorar la calidad nutricional de tortillas y botanas.

**Cuadro 3. Componentes químicos en grano y tortillas de las variedades de maíz ‘V-229’ y ‘V-231A’. Teopisca, Chiapas, 2003.**

Variedad	Aceite <sup>†</sup> (%)		Proteína <sup>‡,§</sup> (%)		Lisina <sup>†,¶</sup> (%)		Triptofano <sup>†,¶</sup> (%)	
	Grano	Tortilla	Grano	Tortilla	Grano	Tortilla	Grano	Tortilla
‘V-229’	3.9 b	2.4 a	11.2 a	8.9 a	0.29 a	0.28 a	0.07 a	0.03 b
Test. Blanco	4.8 a	2.5 a	8.8 b	8.5 b	0.28 a	0.27 a	0.06 b	0.04 a
Maíz blanco <sup>*</sup>	3.6 ††	1.5††	9.8	10.2	0.25	0.26	0.06	0.05
‘V-231A’	4.9 a	2.4 b	11.9 a	10.4 a	0.29 a	0.30 a	0.07 a	0.04 a
Test. Amarillo	3.8 b	3.4 a	8.1 b	7.3 b	0.26 b	0.25 b	0.05 b	0.03 b
Maíz amarillo <sup>††</sup>	4.5	1.3	8.4	5.6	0.25	0.25	0.05	0.05

Medias con letras iguales entre maíces del mismo color de grano, no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

<sup>†</sup> Informados a base seca; <sup>‡</sup> Determinado como porcentaje de N x 6.25; <sup>\*</sup> Ortega *et al.* (1986); <sup>††</sup> FAO (1992).

<sup>¶</sup> Porcentaje de aminoácido en muestra libre de aceite.

**Cuadro 4. Características de nixtamal y botanas derivados de granos de la variedad de maíz ‘V-231A’. Teopisca, Chiapas. 2003.**

	Sólidos (%)	Pericarpio retenido (%)	Humedad (%)		Rend† (kg)	Fza. Cizallam (kgj)	Color (%) reflectancia	Aceite†† (%)	Proteína†† (%) <sup>§</sup>	Triptofano† (%) <sup>§§</sup>	Calificación de crujiencia <sup>¶</sup>
			Nixtamal	Botanas							
‘V-231A’	2.8 a	58 a	38.6 b	2.6 a	1.0 a	782 a	58 a	21.2 c	9.9 a	0.07 a	4.0 b
Test.	2.9 a	33 b	40.7 a	1.8 b	1.1 a	714 b	56 b	26.3 a	9.2 b	0.06 b	5.0 a
amarillo											
Comerciales				2.5 a		725 c	59 a	25.5 b	8.5 c	0.05 c	5.0 a

Medias con letras iguales en una columna, no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

† kg de botana /kg de maíz nixtamalizado; †† Valores informados a base seca. § Determinado como porcentaje de N x 6.25; §§ Porcentaje de aminoácido en muestra libre de aceite; ¶ Valor promedio de la variable crujiencia al masticar las botanas.

**Cuadro 5. Contenido de carotenoides (µg g<sup>-1</sup> de muestra) en el endospermo, grano entero y botanas de la variedad de maíz amarillo ‘V-231A’ de Chiapas y el testigo de los Valles Altos de México. Teopisca, Chiapas, 2003.**

Carotenoide	Endospermo		Grano		Botanas	
	‘V-231A’	Test amarillo	‘V-231A’	Test amarillo	‘V-231A’	Test amarillo
Luteína	19.4 a	16.20 b	14.3 a	13.6 b	7.7 a	6.7 b
β-criptoxantina	5.2 a	0.99 b	4.1 a	1.0 b	1.7 a	0.36 b
β-caroteno	4.4 a	0.98 b	5.2 a	1.1 b	1.7 a	0.37 b
Suma	29.0	18.20	23.6	15.7	11.1	7.43

Medias con letras iguales entre el mismo carotenoide de los dos maíces, no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

### BIBLIOGRAFÍA

- AACC (2000) Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th ed. Method 14-30, final approved 1983; Method 84-10, final approved 1976, Method 30-10, final approved 1989. Association of Cereal Chemists, St Paul, MN, USA.
- Aman R, A Schieber, R Carle (2005) Effects of heating and illumination on trans-cis isomerization and degradation of β-carotene and lutein in isolated spinach chloroplasts. *J. Agric. Food Chem.* 53:9512-9518.
- Betanzos M E, B Coutiño E, N Espinosa P, A Ramírez F (2000a) V-229B (Comiteca B), nueva variedad de maíz de polinización libre para la Meseta Comiteca y regiones similares. Folleto Técnico No. 13. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Centro de Chiapas. Ocozacoautla, Chis. 19 p.
- Betanzos M E, B Coutiño E, N Espinosa P, A Ramírez F (2000b) V-231A (Teopisca A), nueva variedad de maíz de polinización libre para la Meseta Comiteca y regiones similares. Folleto Técnico No. 14. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Centro de Chiapas. Ocozacoautla, Chis. 19 p.
- Bressani R (1990) Chemistry, technology and nutritive value of corn tortillas. *Food Rev. Internat.* 6:225-264.
- Coutiño E B, E Betanzos M, A Ramírez F, N Espinosa P (2004) V-229B y V-231A, primeras variedades mejoradas de maíz de la raza Comiteco. *Rev. Fitotec. Mex.* 27:295-296.
- De Chávez M M, A Chávez, C Calvo (1999) Necesidades de investigación en carotenoides en América Latina. *Arch. Latinoam. Nutr.* 49(1-S):85-88.
- Food and Agriculture Organization, FAO (1992) Maize in Human Nutrition. Food and Nutrition Series, No. 25. Rome, Italy. 161 p.
- Guerrero de G G (1998) Molienda seca del maíz en México. *In: Primer Taller de Especialidades de Maíz.* Secretaría de Desarrollo Rural, SAGARPA, México. Noviembre 26 y 27, Chapingo, México. pp:45-48.
- Hernández M A (2007) Evaluación Sensorial de Productos Agroalimentarios. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, Edo. de México. 190 p.
- Johnson L A, J B May (2003) Wet milling: the basis for corn biorefineries. *In: Corn: Chemistry and Technology.* P J White, L A Johnson (eds). American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul Minnesota, USA. pp:449-494.
- Kurilich A C, J A Juvik (1999) Quantification of carotenoid and tocopherol antioxidants in *Zea mays*. *J. Agric. Food Chem.* 47:1948-1955.
- Loy D D, K N Wright (2003) Nutritional properties and feeding value of corn and its by-products. *In: Corn: Chemistry and Technology.* P J White, L A Johnson (eds). American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul Minnesota, USA. pp:571-603.
- Lozano A N, G Vazquez C, K Pixley, N Palacios R (2007) Physical properties and carotenoid content of maize kernels and its nixtamalized snacks. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 8:385-389.
- Norma Mexicana para Maíces Destinados al Proceso de Nixtamalización, NMX-FF-034-2002-SCFI-PARTE-1 (2002) Productos alimenticios no industrializados para consumo humano-cereales-maíz blanco para proceso alcalino para tortillas de maíz y productos de maíz nixtamalizado-especificaciones y métodos de prueba. Especificaciones y Métodos de Prueba. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Dirección General de Normas. México, D. F. 18 p.
- Ortega E, E Villegas, S Vasal (1986) A comparative study of protein changes in normal and quality protein maize during tortilla making. *Cereal Chem.* 63:446-451.
- Opienska-Blauth J, M Charezynski, H Berbec (1963) A new, rapid method of determining tryptophan. *Anal. Biochem.* 6:69-76.
- Pioneer (2007) Making more milk with high oil hybrids and processed silage. Disponible en: <http://www.pioneer.com/web/site/portal/template> (17 noviembre 2007).
- Robutti J, F Borrás, M Ferrer, M Percibaldi, C A Knutson (1999) Evaluation of quality factors in argentine maize races. *Cereal Chem.* 77:24-26.
- Salinas M Y, F Martínez B, J Gómez H (1992) Comparación de métodos para medir dureza del maíz (*Zea mays* L.). *Arch. Latinoam. Nutr.* 45:59-63.
- Salinas M Y, G Vázquez C (2003) Calidad del maíz para las industrias molinero-tortillera y de harinas nixtamalizadas. *In: 60 años de Investigación al Servicio de México.* Campo Experimental Valle de México “El Horno”. Memoria Técnica No. 6. Chapingo, México. pp:61-65.
- Salinas M Y, G Vázquez C (2006) Metodologías de análisis de la calidad nixtamalera-tortillera en maíz. Folleto Técnico No. 24. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y

- Pecuarías. Campo Experimental Valle de México. Chapingo, Edo. de México. México. 91 p.
- Serna S S (1996)** Química, Almacenamiento e Industrialización de los Cereales. AGT Editor, S A. México D. F. 519 p.
- Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera, SIAP (2007)** Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Estado de Chiapas. Primavera-Verano 2006. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/> (19 noviembre 2007).
- Tsai C Y, L W Hansel, O E Nelson (1972)** A colorimetric method of screening maize seeds for lysine content. *Cereal Chem.* 49:574-579.
- Twillman T J, P J White (1988)** Influence of monoglycerides on the textural shelf life and dough rheology of corn tortillas. *Cereal Chem.* 65:253-257.
- Wall L L, W Gehrke (1974)** Total protein measure automated Technicon BD/AAII. Method presented at the 88th Annual Meeting of the AOAC. 50 p.
- Weber J C (1987)** Carotenoids and tocopherols of corn grain determined by HPLC. *J. Amer. Oil Chem. Soc.* 64:1129-1134.
- White P, E J Weber (2003)** Lipids of the kernel. *In: Corn: Chemistry and Technology.* P White, L Johnson (eds). American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul Minnesota, USA. pp: 355-406.
- Williams W D (1992)** Origin and impact of color on consumer preference for food. *Poultry. Sci.* 71:744-746.