

Propiedades físicas, químicas y correlaciones de maíces híbridos precoces para valles altos

Yolanda Salinas M¹, José Luis Arellano V² y Fernando Martínez B³

RESUMEN. La evaluación de las propiedades físicas y químicas del grano de maíz permite caracterizar de manera integral las variedades experimentales que presentan buen rendimiento y características agronómicas favorables, los objetivos del presente estudio fueron: 1) clasificar 24 híbridos modernos de maíz tipo precoz; en base al tipo de endospermo y 2) determinar sus propiedades físico-químicas y sus correlaciones. Los parámetros físicos fueron: peso hectolitrico (Peh), textura de endospermo (TE), índice de perlado (IP), peso de 1000 granos (P1000), reflectancia en el infrarrojo (NIR) y color (Ref), los químicos: proteína (Prt), lisina (Lis) y triptofano (trp). La clasificación en base al IP Permitió detectar 5 híbridos con endospermo suave, 12 intermedios y 7 duros. Los híbridos con endospermo duro presentaron el promedio Peh de 80.30 Kg/hl, Prt de 10.70%, Trip 0.082% y NIR de 0.35, que fueron estadísticamente mayores a aquellos de los híbridos con endospermo suave. El IP correlacionó negativamente con Prt, NIR y Peh y positivamente con Ref, lo cual significa que los maíces con endospermo suave o harinoso presentaron menor contenido de proteína, menor tamaño medio de partícula en la harina, mayor tamaño de grano y harina de color más claro. Se detectaron híbridos con rendimientos de 8.1 a 9.5 ton ha⁻¹ con endospermo suave, intermedio o duro.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: *Zea mays* L., textura de endospermo, índice de perlado peso hectolitrico, reflectancia, color de harina, proteína, rendimiento.

INTRODUCCION

Se encuentra disponible suficiente información respecto a características agronómicas y rendimiento de diversas variedades e híbridos de maíz que han sido desarrollados y adaptados a las diferentes regiones productoras de México; no obstante pocos estudios abordan aspectos relacionados con sus características físicas y químicas, a pesar que el conocimiento de estas propiedades permitirá un adecuado

SUMMARY. Physical and chemical properties and correlations of early corn kernels for high valleys. The evaluation of physical and chemical properties of corn kernels permits the obtaining a wider vision of the experimental hybrids that present good yield and suitable agronomic characteristics. The objectives of this paper were: to classify 24 modern hybrids of early corn according to endosperm texture and to determine their physical and chemical properties and their relationships. The physical parameters tested were: test weight (TW), endosperm texture (TE), pearling index (IP), 1000 kernel wt (W 1000), infrared reflectance (NIR) and color (Ref). The chemical parameters tested were: protein content (Prt), lysine content (Lis) and tryptophan content (Trp). When the hybrids were classified according to IP it was possible to detect 5 hybrids with soft, 12 intermediates and 7 with hard endosperm. The hybrids with hard endosperm presented an average TW of 80.3 Kg/hl, 10.70% of Prt, 0.082% of Trp and 0.35 of NIR, these values were statistically higher than those hybrids with soft endosperm; the IP showed a negative relationship with Prt, NIR and TW; a positive relationship was observed with Ref, meaning that corn grains with soft endosperm presented lower protein content and smaller average flour particle size, larger size grain and whiter color. It was possible to detect hybrids with yields from 8.1 to 9.5 t ha⁻¹ with soft, intermediate and hard endosperms.

aprovechamiento y obtener una visión más completa de los avances que se están obteniendo. En los últimos años se ha puesto de manifiesto (1,2) que cada proceso industrial específico al cual se destina el maíz requiere de un tipo especial de grano en relación a características físicas y químicas con la finalidad de optimizar rendimientos y mejorar en la calidad de los productos.

El endospermo del grano de maíz dentado presenta dos regiones diferentes: una harinosa y otra cristalina; estas regiones son variables en proporción de acuerdo al tipo de maíz, aunque normalmente se encuentran en la proporción 2:1 (3). Los maíces harinosos como el Cacahuacintle,

1,2,3: Investigadores de CIFAP-MEXICO. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Apdo. Postal 10, C.P. 56230, Chapingo, Edo. de México, México.

además de ser muy suave poseen en su endospermo una mayor área porosa por lo que presentan baja densidad (4). Los términos duro y suave se usan para designar las áreas cristalina y harinosa presentes en el endospermo del grano; mientras mayor sea el área harinosa en el endospermo del grano de maíz, más suave será éste (1).

Existe una alta correlación entre la dureza del grano de maíz y el contenido de proteína (5,6,7). Diferencias en compactación de componentes celulares, tamaños de célula y espesor entre las paredes celulares en el endospermo juegan parte importante en diferencias en dureza del grano. La estructura de las células del endospermo es el factor más importante, debido a que en células vítreas la matriz proteica rodea cada célula de almidón, siendo más delgada esta matriz en maíces con textura harinosa. No obstante mediante mejoramiento genético puede modificarse el contenido de proteína total y relación del componentes proteínicos (1). Diversos métodos han sido estudiados con la finalidad de determinar las características físicas del grano de maíz involucradas en su comportamiento durante el procesamiento como son la densidad, dureza, contenido de proteína, tiempo de cernido, tamaño medio de partícula, reflectancia en el infrarrojo a 1680 nm, peso hectolitrico e índice de perlado (8,9,10).

El presente estudio presentó como objetivos: 1) clasificar a 24 híbridos modernos de tipo precoz en base al tipo de endospermo y 2) determinar algunas propiedades físicas y químicas con sus respectivas correlaciones.

MATERIALES Y METODOS

Se emplearon 24 híbridos modernos de maíz tipo precoz para valles altos que fueron seleccionados por rendimiento y características agronómicas en siembras de temporal realizadas en Chapingo, Méx. en 1987. Estos híbridos presentaron rendimientos de 7.0 a 9.5 ton ha⁻¹ esto es de 40 a 72% sobre el híbrido comercial H-32, en precocidad presentaron desde cinco días abajo hasta tres días a la floración femenina por arriba del testigo; así mismo, presentaron menor contenido de humedad en el grano a la cosecha y menor relación grano olote. Los materiales previamente limpiados se sometieron a los análisis físicos siguientes:

- Peso hectolitrico (Peh).** Se realizó empleando una balanza Ohaus de 1 Kg y las determinaciones se hicieron en Kg/hl.
- Humedad (H).** Su contenido se determinó con un equipo Steinlite.
- Índice de perlado (IP).** Se siguió la metodología empleada por Buendía (5) que consiste en someter 20 g de grano a una acción abrasiva por un minuto empleando una perladora de cebada Strong-Scott. El índice de perlado se calculó empleando la siguiente fórmula:

$$IP(\%) = \frac{(20-X)100}{20}; \quad X = \text{material retenido en la malla}$$

- Peso de 1000 granos.** Peso en gramos de una muestra de 1000 granos, seleccionados al azar.
- Textura de endospermo.** Se realizó según la técnica usada por Bedolla (8) que consiste en seleccionar aleatoriamente 10 granos de muestra y partirlos sobre el plano mayor. Se califican visualmente los granos de acuerdo a la proporción de endospermo harinoso o cristalino según la siguiente escala: 1 = 100% cristalino, 2 = 75% cristalino, 3 = 50% cristalino, 4 = 25% cristalino, 5 = 100% harinoso.
- Reflectancia en el infrarrojo cercano (NIR).** Se realizó en harina de maíz obtenida de un molino Falling Number Laboratory 30. Utilizando el equipo Infraanalyzer Technicon/Dickey John, elaborando una curva incluyendo un rango de maíces de textura suave a vítreo. El valor de NIR estima de manera indirecta el tamaño medio de partícula (TMP) en la harina y se ha observado que el TMP permite inferir sobre la dureza del grano, dado que variedades de maíces duros producen harina con mayor TMP y presentan elevados valores de NIR; contrariamente, los maíces suaves producen una harina con bajo TMP y también bajos valores de NIR (2).
- Color.** Este parámetro se midió en harina de maíz, empleando el reflectómetro Agtron que mide el porcentaje de luz reflejada por la muestra. Se usó el espectro amarillo y un tamaño de muestra aproximado de 15 g.

Los análisis químicos a los que fueron sometidos los materiales fueron:

- Proteína.** Se cuantificó en grano integral usando el método automatizado Technicon (No. 321-74).
- Lisina.** Para este análisis se empleó el método de Tsai, modificado por Villegas y Mertz (11).
- Triptofano.** Se usó el método de Opienska-Blauth modificado por Hernández y Bates (12).

Los datos registrados por grupo de variedades se adicionaron a un diseño experimental completamente al azar con 2 repeticiones. Se realizó análisis de varianza para todos los parámetros registrados y comparación de medias en base a la prueba de Tukey (0.05 de probabilidad de error).

RESULTADOS Y DISCUSION

En base a los datos obtenidos en la evaluación mediante el índice de perlado, fue posible clasificar a los híbridos precoces en base a textura del endospermo, de este modo se establecieron los siguientes grupos: grupo 1 duro con IP 20%, grupo 2 intermedio con IP 30% (IP) 20% y grupo 3

suave con IP 30% (Tabla 1).

En el peso hectolítrico (Peh) se encontraron diferencias de los tipos duros e intermedios respecto a los suaves que mostraron la menor calificación (76.50 Kg/hl) esto es, maíces con endospermo duro o intermedio presentaron mayor Peh en relación a los maíces con endospermo suave. Lo anterior coincide con lo señalado por Pomeranz et al (10) respecto a que los maíces con endospermo duro presentan mayor Peh que los de endospermo suave, por lo que son más densos y pesados. También estos autores señalaron que el Peh es un buen índice de la dureza del grano cuando se analizan muestras semejantes y con igual contenido de humedad.

Los híbridos estudiados no presentaron diferencia significativa en el rendimiento, independientemente del tipo de endospermo con que fueron clasificados; basándose en el índice de perlado (IP). El contenido de humedad también presentó un comportamiento similar, aunque algunas investigaciones (4) informan que los maíces con endospermo duro retienen menos humedad que los maíces suaves cuando son manejados bajo las mismas condiciones.

Los valores de reflectancia en el infrarrojo (NIR), presentaron diferencias significativas de acuerdo a la textura del endospermo, esto es los tipos duros muestran valores más elevados que el de los intermedios y suaves, esta respuesta está relacionada con los valores del índice de

perlado ya que los maíces duros son más resistentes a la acción abrasiva del perlado dando como resultado harina con mayor tamaño de partícula. En relación con los valores de reflectancia (Ref) se encontró que los maíces suaves e intermedios fueron diferentes de los duros porque presentaron un tipo más blanco de harina. Respecto a las propiedades químicas: los maíces duros presentaron mayor contenido de proteína, y triptofano que los intermedios y suaves (Tabla 1). Algunos autores (4,5,7) también han reportado mayores valores de proteína en maíces con endospermo duro.

Para los maíces precoces considerados en este estudio es posible señalar que el rendimiento no guarda una relación exclusiva con algún tipo de endospermo, ya sea éste duro, intermedio o suave y por otro lado que, maíces con endospermo duro presentaron peso hectolitrico promedio de 80.30 Kg/hl, contenido de proteína de 10.70%, de triptofano de 0.082% y tamaño medio de partícula de 0.35 que fueron estadísticamente mayores a los valores presentados por granos de híbridos con endospermo suave.

Considerando el conjunto de 24 maíces precoces, se realizó un análisis de correlación entre propiedades físico-químicas del grano, se observó que el TE mostró correlación negativa y altamente significativa con Peh (-0.56**) y NIR (.0.54**) infiriendo que al ser el maíz más harinoso, presenta un Peh más bajo y el tamaño medio de partícula en la harina es menor; la correlación positiva observada entre

TABLA 1
PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS ¹ Y SU SIGNIFICANCIA ESTADISTICA ² DE HIBRIDOS MODERNOS TIPO PRECOZ AGRUPADOS DE ACUERDO A SU TEXTURA DE ENDOSPERMO

	Grupo (tipo de endospermo)		
	1 (Duro)	2 (Intermedio)	3 (suave)
Rendimiento ton ha ⁻¹	7,8a,	7,6a,	8,2a
<u>Propiedades físicas</u>			
NIR (Reflectancia infrarojo 1680 nm)	0,35a	0,34b	0,31c
Humedad (%)	10,20a	10,60a	10,30a
Peso hectolitrico (Kg/hl)	80,30b	79,10b	76,50a
Peso de 1000 gramos (g)	281,30a	281,90a	300,70a
Indice de perlado (%) ¹	7,00c	25,00b	31,80a
Reflectancia o color, 100% = blanco	77,20b	83,00a	84,00a
<u>Propiedades químicas</u>			
Proteína (%)	10,70a	9,70a	8,60b
Lisina (g/100g de muestra)	0,32a	0,31a	0,32a
Triptofano (g/100 de muestra)	0,082a	0,075c	0,078b

¹ Base seca

² $\alpha = 0,05$

TE y Ref (0.42*) indica que mientras más harinoso sea un grano presentará un valor de Ref más alta y será por tanto más blanca su harina. La proteína estuvo correlacionada de manera negativa con IP (0.70**) y TE (-0.49*) lo que significa por un lado que los maíces con bajo IP (duros) poseen más proteína que los de alto IP (suave) debido a que las matrices proteínicas del endospermo son más densas que en los maíces suaves y circundan totalmente al gránulo (1). Por otro lado, el TE refleja la proporción de endospermo harinoso/cristalino que un grano presenta, lo cual se halla relacionado con la dureza o suavidad del mismo. La correlación observada entre TE y contenido de proteína refuerza lo ya expresado en el sentido de que al ser el grano más duro, posee más proteína.

La reflectancia en el infrarrojo (NIR), se correlacionó negativamente con el IP (-0.71**) lo cual indica que los granos que son más susceptibles a la acción abrasiva del perlado producen harinas finas con menor tamaño de partícula y con bajos valores de NIR. La correlación positiva observada entre NIR y Peh (0.78**) señala que al ser el grano más denso y compacto, es también más duro, por lo que su harina presenta un mayor tamaño de partícula y elevados valores de NIR.

Para dar una explicación a la correlación positiva observada entre el aminoácido triptofano y el contenido de proteína (0.47*) es necesario citar lo señalado anteriormente respecto a la relación entre dureza de grano y contenido proteínico. Al respecto, Bennet et al (3) mencionaron que el endospermo cristalino o córneo de los maíces duros presenta alto porcentaje de glutelina. En 1970, Cortez y Wild-Altamirano (7) encontraron que a mayor dureza de grano, correspondía un aumento en el contenido de glutelina, la que actúa como cementante natural para formar una estructura rígida. Dado que la fracción proteínica

glutelina a diferencia de la zeína, posee en su estructura el aminoácido triptofano (1) y de acuerdo a lo citado anteriormente, a un incremento en la dureza del grano corresponde un aumento en el contenido de esta fracción proteínica dando como resultado un incremento en el valor del triptofano (Tabla 2).

Los resultados por grupo individual de tipo de endospermo se presentan en la Tabla 3. Los maíces calificados como suaves presentaron en su endospermo de 50 a 75% de área harinosa y sus IP fueron elevados (30.0-33.6%) esto es, existe una relación directa entre endospermo harinoso e IP. De acuerdo a lo reportado por Watson y Remstad (1) y Martínez y Lachance (4) el endospermo de los maíces suaves manifiesta una área porosa considerablemente mayor a la que se observa en los maíces con endospermo duro.

El peso hectolítrico mostró un intervalo de 75.0-79.0 Kg/hl. Este parámetro es una medida indirecta de la densidad del grano. Pomeranz et al (10) han reportado una correlación positiva ($r=0.94$) entre esas determinaciones. El peso hectolítrico es de gran importancia en el almacenamiento; transporte y comercialización del maíz; algunos factores que afectan su determinación son el tamaño y forma del grano, presencia de granos rotos y material extraño. Para observar la relación entre tamaño y forma del grano con el peso hectolítrico, se seleccionaron muestras de peso hectolítrico alto y bajo. De cada muestra se tomaron aleatoriamente 20 granos a los que se midió largo, ancho y espesor. En la Tabla 4 se muestran los resultados. Se encontró que los valores de peso hectolítrico más bajos correspondieron a muestras que presentaron grano grande y forma aplanada, ocupando mayor área dentro del recipiente, mientras que el peso hectolítrico más elevado se observó en las muestras de grano pequeño y

TABLA 2
CORRELACIONES SIGNIFICATIVAS ENTRE PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS
DE LOS MAICES HIBRIDOS MODERNOS TIPO PRECOZ

	IP	Peh	Ref	NIR	TE	Prt	Trp
IP	—	-0,63**	0,67**	-0,71**	0,57**	-0,70**	
Peh		—	-0,41*	0,78**	-0,56**	0,69**	
Ref			—	-0,60**	0,42*	-0,51**	
NIR				—	0,54**	0,67**	
TE					—	-0,49*	
Prt						—	0,47*

* Significativo ($= 0,05$)

** Altamente significativo ($= 0,01$)

IP: Índice de perlado

Peh: Peso hectolítrico

Ref: Color

NIR: Reflectancia en el infrarrojo

TE: Textura de endospermo

Prt: Proteína

Trp: Triptofano

forma redondeada. Estos resultados son similares a los reportados por Pomeranz et al. (9) quienes citan que los granos aplanados presentan peso hectolitrico más bajo que el de granos redondeados. Observaciones en campo mostraron que el grano más grande estaba asociado con forma aplanada; endospermo suave y color más claro, en tanto que el grano pequeño fue de forma redondeada y de color blanco cremoso. La influencia de tamaño y forma sobre el Peh parece más evidente cuando se observa a las variedades 17 y 46 que presentaron Peh de 82.8 y 75.4 Kg/h respectivamente, no obstante que presentaron la misma textura de endospermo (Tabla 4).

El grano de los maíces suaves fue blanco cremoso y su harina cruda mostró valores de reflectancia superior a 80%. El parámetro de reflectancia es importante para algunas

compañías que producen harinas nixtamalizadas de exportación a mayor reflectancia más blanca es la harina y la tortilla elaborada. La suavidad del grano en los materiales referidos condujo a que al someter el grano a molturación, se obtuviera una harina fina y con bajos valores de NIR, tal como lo señalaron Pomeranz et al (10) para harina de maíz con endospermo suave.

El contenido de proteína en los maíces suaves presentó un intervalo de 8.2 a 9.3%, los valores de lisina variaron de 0.6 a 0.36% y los de triptofano fueron constantes en 0.08% (Tabla 3). En síntesis se puede indicar que los maíces de endospermo suave estudiados, fueron de color blanco cremoso y presentaron valores bajos de Peh, altos en IP y Ref; y bajo contenido de Prt; con estas propiedades destacaron los híbridos 46 y 48 que presentaron rendimientos de 9.5 y 8.7 ton ha⁻¹ respectivamente.

TABLA 3
PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE MAICES HÍBRIDOS MODERNOS
PRECOCES CON ENDOSPERMO SUAVE

Nº de Var.	Rend ton/ha ⁻¹	Físicas					Propiedades				Químicas	
		H (%)	Peh Kg/h	P1000 g	Ip (%)	Ref (%)	NIR 1680nm	Prt (%)	Lis (%)	Trp (%)		
46	9,5	9,4	75,4	283,8	33,5	83	0,326	8,8	0,32	0,08		
78	8,5	10,6	76,8	290,0	31,5	84	0,323	8,2	0,33	0,08		
85	7,9	9,6	76,4	257,9	30,0	86	0,302	9,3	0,36	0,08		
14	7,0	11,2	75,0	266,0	30,0	83	0,317	8,3	0,26	0,08		
48	8,7	11,0	79,0	306,0	33,6	84	0,321	8,7	0,35	0,08		

H: Humedad

Peh: Peso hectolítrico

P1000: Peso de 1000 gramos

IP: Índice de perlado

Ref: Color

NIR: Reflectancia en el infrarrojo

Prt: Proteína

Lis: Lisina

Trp: Triptofano

TABLA 4
DIMENSIONES DE GRANO Y PESO HECTOLÍTRICO EN VARIEDADES DE MAÍZ
CON FORMA DE GRANO REDONDEADA Y APLANADA

Nº de Var.	Ton ha ⁻¹	Dimensiones (mm)				Peso hectolítrico Kg/h	Forma del grano
		TE	Ancho	Largo	Espesor		
64	7,3	2	6,3	11,4	4,1	82,0	Redondeada
17	7,4	3	6,6	11,9	4,5	82,8	Redondeada
59	8,2	2	6,1	10,3	4,4	82,0	Redondeada
146	8,4	4	6,9	13,3	3,9	75,0	Aplanada
157	7,0	4	7,0	14,5	4,3	73,8	Aplanada
46	9,5	3	7,0	13,4	4,5	75,4	Aplanada

* Textura de endospermo

Los híbridos con textura de endospermo intermedio correspondientes al grupo 2, presentaron valores de IP entre 20 y 30%, su Peh varió de 75.8 a 82.8 kg/hl, la Ref de 82.0 a 84.0, los valores de NIR de 0.320 a 0.362 y el contenido de proteína de 8.2 a 11.6%; estos valores fueron ligeramente mayores que aquellos de los híbridos con endospermo suave, excepto los de Ref. El valor de los aminoácidos triptofano y lisina en las variedades suaves e intermedias estuvo dentro de los niveles reportados para el maíz normal, observándose que la relación existente entre estos aminoácidos es aproximadamente 1:4, de acuerdo con lo reportado por Hernández y Bates (12).

La variación del rendimiento de este grupo de híbrido de 6.9 a 9.0 ton ha⁻¹ fue prácticamente similar a la del grupo de maíces con endospermo suave, los híbridos 131 y 31 con rendimiento 9.0 y 8.6 ton ha⁻¹ respectivamente son los más destacados de este grupo (Tabla 5).

Los híbridos con endospermo duro sobresalieron por su peso hectolítrico elevado (78.2 a 82.2 Kg/hl). El contenido de proteína en el grano fue superior a lo observado en los maíces de endospermo suave e intermedio. La reflectancia en la harina cruda en los maíces con endospermo duro presentó valores de 71 a 82 que fueron los más bajos

comparándolos con los registrados para el grupo de endospermo suave e intermedio. Esto podría atribuirse en parte a la coloración rosa intenso del pericarpio que presentaron los híbridos 55, 57, 65, y 54, que produjeron harinas ligeramente pigmentadas (Tabla 6).

Los híbridos 200, 65 y 55 destacan en este grupo de endospermo duro por su rendimiento de 9.5, 8.2 y 8.1 ton ha⁻¹ respectivamente.

CONCLUSIONES

En los híbridos modernos de tipo precoz estudiados y clasificados en base al tipo de endospermo mediante el método de índice de perlado se detectaron 5 maíces con endospermo suave, 12 intermedios y 7 duros.

El rendimiento registrado en estos híbridos de 6.9 a 9.5 ton ha⁻¹ no guarda una relación exclusiva con algún tipo de endospermo del grano; ya sea éste suave, intermedio o duro.

Los híbridos con endospermo duro presentaron en promedio peso hectolítrico de 80.3 Kg/hl, contenido de proteína de 10.70%; de triptofano 0.082% y tamaño medio de partícula (NIR) de 0.35; valores que fueron estadísticamente mayores a aquellos presentados por el grano de los híbridos con endospermo suave.

TABLA 5
PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS EN MAICES HIBRIDOS
CON TEXTURA DE ENDOSPERMO INTERMEDIO

Nº var	Rend. ton ha ⁻¹	Propiedades									
		Físicas					Químicas				
		H (%)	Peh (Kg/h)	P1000 g	IP (%)	TE	Ref	NIR 1680nm	Prt (%)	Lis (%)	Trp (%)
36	7,1	9,7	77,4	274,0	26,9	3	82,0	0,329	9,9	0,32	0,08
38	6,9	10,5	79,6	306,0	28,0	3	83,0	0,338	9,9	0,43	0,08
131	9,0	10,0	78,6	310,5	25,0	3	83,0	0,326	10,0	0,30	0,07
173	7,8	10,2	79,0	251,0	22,5	3	83,0	0,239	10,7	0,40	0,80
17	7,4	12,3	82,8	284,5	24,6	3	84,0	0,362	11,6	0,27	0,08
18	7,6	11,9	81,8	260,5	23,6	3	83,0	0,341	8,6	0,27	0,07
22	7,9	10,6	79,2	260,9	23,9	3	83,0	0,351	10,1	0,27	0,07
32	6,9	10,4	78,8	307,0	21,5	3	83,0	0,326	9,8	0,27	0,07
31	8,6	10,2	79,2	288,5	26,0	3	82,0	0,331	10,2	0,30	0,07
92	7,4	10,7	78,6	238,8	27,8	4	82,0	0,325	9,9	0,33	0,08
123	7,2	11,0	78,8	281,5	24,0	3	84,0	0,332	8,2	0,26	0,06
28	7,9	10,5	75,8	332,0	26,5	4	83,0	0,332	8,2	0,26	0,06

H: Humedad
Peh: Peso hectolítrico
P1000: Peso de 1000 granos
IP: Índice de perlado
Ref: Color

NIR: Reflectancia en el infrarrojo
Prt: Proteína
Lis: Lisina
Trp: Triptofano

TABLA 6
PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS EN MAICES HÍBRIDOS
PRECOCES CON ENDOSPERMO DURO

Nº var,	Rend, ton ha ⁻¹	Propiedades									
		Físicas					Químicas				
		H (%)	Peh (Kg/h)	P1000 g	IP (%)	TE	Ref	NIR 1680nm	Prot (%)	Lis (%)	Trp (%)
55	8,1	10,9	80,8	267,1	15,3	2	74	0,335	11,2	0,34	0,09
64	7,3	9,7	82,2	238,9	16,8	2	82	0,359	10,8	0,32	0,08
57	7,0	10,7	80,0	278,3	17,0	3	74	0,350	10,3	0,35	0,08
65	8,2	9,7	81,0	246,3	17,0	3	71	0,355	12,0	0,30	0,09
200	9,5	10,1	79,4	270,0	17,5	3	82	0,344	10,6	0,31	0,09
64	7,0	10,7	80,0	332,0	18,0	2	76	0,352	9,7	0,31	0,07
201	7,6	10,1	78,2	336,0	18,0	3	82	0,366	10,5	0,33	0,08

H: Humedad
Peh: Peso hectolítrico
P1000: Peso de 1000 granos
IP: Índice de perlado
Ref: Color

NIR: Reflectancia en el infrarrojo
Prt: Proteína
Lis: Lisina
Trp: Triptofano

El índice de perlado correlacionó negativamente con el contenido de proteína ($r=-0.70^{**}$) y peso hectolítrico ($r=-0.63^{**}$), positivamente con la reflectancia ($r=0.67^{**}$). Esto significa que los maíces con endospermo suave presentaron menor contenido de proteína, menor tamaño medio de partícula en la harina, mayor tamaño de grano y harina de color más claro.

Los híbridos sobresalientes con endospermo suave fueron el 46 y 48 con rendimiento de 9.5 y 8.7 ton ha⁻¹ y contenido de proteína de 8.8 y 8.7 respectivamente. Con endospermo intermedio el 131 y 31 con rendimiento de 9.0 y 8.6 ton ha⁻¹ y proteína de 10.0 y 10.2% respectivamente. Con endospermo duro el 200, 65 y 55 con rendimiento de 9.5, 8.2 y 8.1 ton ha⁻¹ y proteína de 10.6, 12.0 y 11.2%, respectivamente.

REFERENCIAS

1. Watson, SA, and Ramstad, EP. Structure and composition. Chapter II, In: Corn: Chemistry and technology. American Association of Cereal Chemists. Inc. St. Paul Minnesota 55-56p, 1987.
2. Pomeranz Y, Czuchajowska Z, and FS. Comparison of methods for determination of hardness and breakage susceptibility of commercial dried corn. Cereal Chem. 63(1): 39-43, 1986.
3. Bennet EH, Kernel Hardness in Corn II. A microscopic examination of hard and soft types of dent corn. Cereal Chem. 27:332-238, 1950.
4. Martínez HML, and Lachance, AP. Corn kernel hardness as an index of the alkaline cooking time for tortilla preparation. J. of Food Sc. 44(2):377-380, 1979.
5. Buendía G, Ma. O. Características morfológicas de mazorca, propiedades físicas y de calidad proteínica del maíz (*Zea mays* L) normal y mejorado relacionado con el proceso de nixtamalización. Tesis de Ing. Agr. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Méx. 159p, 1981.
6. Trejo GA, Feria MA, and Wild-Altamirano, C. The role of lime in the alkaline treatment of corn for tortilla preparation.. Reprinted form: Advances in Chemistry series No. 198. Modification of proteins. Robert and Whitaker Editors, 1982.
7. Cortez A y Wild-Altamirano C. Contribución a la tecnología de la harina de maíz. En: Bressani, R. et al (Ed.). Mejoramiento nutricional del maíz. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP), 1972.
8. Bedolla S. Effect of genotype on cooking and texture of corn for tortilla production. MS. Thesis. Texas A & M University College Station, 1980.
9. Pomeranz Y, Czuchajowsha Z, Martín CK and Lai FS. 1985. Determination of corn hardness by the Stenvert hardness tester. Cereal Chem. 62: 108-102. 1985.
10. Pomeranz Y, Hall GE, Czuchajowka Z and Lai FS. Test weight, hardness, and breakage susceptibility of yellow dent corn hybrids. Cereal Chem. 63(4): 349-351, 1986.
11. Villegas E, and ET Mertz. 1971. Chemical screening methods for maize protein quality at CIMMYT. CIMMYT Research, Bull No. 20, 1971.
12. Hernández HH, and LS Bates. A modified method for rapid tryptophan analysis of maize. CIMMYT Research Bulletin No. 13, 1969.