

## Calidad de mazorca y grano en maíces criollos de la Costa Chica, Guerrero

Omar Ramírez Reynoso<sup>1</sup>  
José Luis Escobar Álvarez<sup>2</sup>  
María de los Ángeles Maldonado Peralta<sup>3</sup>  
Adelaido Rafael Rojas García<sup>3</sup>  
Elías Hernández Castro<sup>4</sup>  
José Luis Valenzuela-Lagarda<sup>1§</sup>

<sup>1</sup>Centro Regional de Educación Superior de la Costa Chica-Universidad Autónoma de Guerrero. Carretera Ayutla-Cruz Grande km 0.5, Cruz Grande, Guerrero, México. CP. 41800. <sup>2</sup>Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias-Universidad de Colima. Autopista Colima-Manzanillo km 40, La Estación, Tecomán Colima, México. CP. 28930. (jescobar1@ucol.mx). <sup>3</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia núm. 2-Universidad Autónoma de Guerrero. Av. Carretera Acapulco-Pinotepa Nacional km 197, Cuajinicuilapa, Guerrero, México. CP. 41940. <sup>4</sup>Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales-Universidad Autónoma de Guerrero. Carretera Iguala-Tuxpan km 2.5, Iguala de la Independencia, Guerrero, México. CP. 40054.

§Autor para correspondencia: joseluislagarda@uagro.mx.

### Resumen

El maíz (*Zea mays* L.) es el cereal de más consumo en México y Latinoamérica, es importante conocer la calidad física de la mazorca y de grano a fin de obtener datos que sirvan como base para la selección de las mejores variedades y con ello contribuir a la conservación y mejora de variedades locales, que desde la introducción de semillas mejoradas se han visto en riesgo de desaparición por su bajo rendimiento y poco aprovechamiento. En el ciclo primavera-verano de 2018, en la localidad de Cruz Grande municipio de Florencio Villarreal, Guerrero. se estableció un experimento bajo un diseño en bloques completamente al azar. El objetivo fue determinar la calidad física de granos y mazorcas de dos genotipos de maíz pigmentado (rojo y amarillo) perteneciente a la variedad Dos Puntas. Se evaluó la calidad de la mazorca y anatomía de semillas. Los resultados mostraron que no hubo diferencias estadísticas entre variedades, el grano con mejor endospermo es el amarillo (80.82%) y germen es el morado (11.61%) así como, la variedad amarilla presenta un mayor tamaño de grano (largo 10.09 y ancho 4.31 mm). Se concluye que el maíz con las mejores características para venta como grano entero y para la utilización en la industria de la masa y tortilla, es el amarillo y el morado para extracción de aceite.

**Palabras clave.** *Zea mays* L., anatomía, razas de maíz, pigmento.

Recibido: abril de 2020

Aceptado: mayo de 2020

México es considerado como centro de origen y diversidad del maíz, dentro de este país se encuentran más de 59 razas nativas de maíz en todo el territorio (Fernández-Suárez *et al.*, 2013), cerca de 80% de la superficie sembrada de maíz es cultivada por pequeños productores de zonas rurales, para los cuales la producción de variedades criollas es básica para su alimentación y sustento económico (Franco-Martínez *et al.*, 2015; Sierra-Macías *et al.*, 2016).

Al ser material genético que se desarrolla en condiciones edafo-climáticas adversas, presentan mejor adaptación a ser cultivadas (Sierra-Macías *et al.*, 2016). Si bien las variedades mejoradas presentan alto rendimiento de grano por hectárea, se requiere alta inversión para lograr su máximo potencial productivo. Las variedades criollas tienen menor rendimiento; sin embargo, los requerimientos para la producción son menores; principalmente por falta de agua, suelos pobres y poco fértiles y la inversión para insumos es mínima (Salazar y Boschini, 2002; Franco-Martínez *et al.*, 2015).

Entre las razas de maíz existentes identificadas en el territorio mexicano, 23 de ellas presentan variante de grano pigmentado, con tonalidades que van desde el negro, café, rojo hasta rosa pálido. Siendo las más abundantes las variedades de tonalidad morado y rojo (Sierra-Macías *et al.*, 2016), esto se debe al contenido de fenoles presentes en el endospermo y pericarpio del grano.

En variedades moradas, se encuentran las antocianinas, que proporciona alta actividad antioxidante y mayor contenido de hierro y zinc, mientras que, en las variedades amarillas se encuentran los carotenoides (Salinas-Moreno *et al.*, 2012), que presentan mayor cantidad de almidón en molienda húmeda y alto contenido de  $\beta$ -caroteno, el cual beneficia al sistema inmunológico (Coutiño-Estrada *et al.*, 2008).

Las variedades pigmentadas son muy apreciadas por los consumidores, debido al atractivo que brinda a los productos elaborados como tortillas, atoles, totopos, etc., de los cuales forman parte de la dieta humana y son el sustento fundamental de pequeños productores de zonas rurales (Hernández-Quintero *et al.*, 2017). Aunque las variedades pigmentadas son muy apreciadas por el consumidor, su producción no supera 7% del total nacional (SIAP, 2018), debido a su bajo rendimiento (Salazar y Boschini, 2002).

La caracterización de variedades es de relevancia en la preservación de las especies que la comprenden, estas medidas van desde el crecimiento vegetativo hasta el rendimiento de grano y mazorca, (Bonamico *et al.*, 2004). Empíricamente los pequeños productores seleccionan sus granos de manera visual, dejando los más grandes y que provengan de mazorcas largas y con alto contenido de granos (Navarro-Garza *et al.*, 2012). Estos criterios han permitido la supervivencia y adaptabilidad de granos criollos (Miranda-Colín, 2000). Por lo que, el objetivo del presente trabajo fue caracterizar la mazorca y grano de maíz pigmentado de variedades locales.

### **Sitio experimental**

El experimento se llevó a cabo en el Centro Regional de Educación Superior de la Costa Chica localizado en el municipio de Florencio Villareal en el estado de Guerrero, sobre la carretera Cruz Grande-Ayutla km 0.5, en las coordenadas geográficas 16° 44' 02.2'' latitud norte y 99° 07' 48.5'' longitud Oeste; con un clima cálido sub-húmedo (Aw), precipitación 1 100 mm, temperatura media anual de 25 °C, humedad relativa promedio de 85% a 16 msnm (INEGI, 2009).

Las mazorcas de maíz pigmentadas, morado y amarillo, utilizadas para el experimento, fueron cultivadas durante el ciclo primavera-verano (PV) 2018. La parcela experimental consistió de 8 parcelas de 25 m<sup>2</sup> cada una, con dimensiones de 5 \* 5 m, la distancia entre surcos fue de 0.8 m y entre plantas de 0.4 m en la que se depositaron tres semillas, para después aclarear a dos plantas por punto; que representó una densidad de 61 500 plantas por hectárea. El manejo agronómico se llevó a cabo por lo reportado en la Agenda Técnica Agrícola de Guerrero (INIFAP, 2017).

### Calidad de mazorca

Para las variables de calidad de mazorca se evaluó el peso mazorca primaria (PM) en g, con una balanza Ohaus Scout<sup>®</sup>, longitud de mazorca (LM), diámetro de mazorca (DM), índice de diámetro sobre longitud de mazorca (IDL M), número de hileras por mazorca (NHM), índice de hileras sobre diámetro de mazorca (IHD), granos por hilera (GH), diámetro de olote (DO) y profundidad de grano (PRG) en milímetros, con vernier digital (Surtek<sup>®</sup>) y se reportó en mm. Además, se midieron variables relacionadas con el grano.

El largo de grano (LG), grosor de grano (GG), ancho de grano (AG) e índice de ancho sobre largo de grano (IALG) se reportaron en mm. Los índices se calcularon con las siguientes ecuaciones:

$$IDL M = \frac{\text{diámetro de mazorca}}{\text{longitud de mazorca}} \quad IHD = \frac{\text{número de hileras por mazorca}}{\text{diámetro de mazorca}} \quad PRG = \text{diámetro de mazorca} - \text{diámetro del olote}$$

$$IALG = \frac{\text{ancho de grano}}{\text{largo de grano}}$$

### Peso de mil semillas (PMS)

Se seleccionaron mil semillas viables por cada repetición y se pesaron en una balanza digital marca Ohaus Scout<sup>®</sup>. El resultado se calculó como la media de los datos obtenidos de acuerdo a lo propuesto por (Salinas-Moreno *et al.* (2012).

### Anatomía de semilla

Para esta variable se tomaron al azar 100 semillas viables y se dejaron en imbibición por 12 h, posteriormente, con un bisturí, se separó el endospermo, pericarpio, pedicelo y germen. Terminada la disección, se secaron en una estufa de aire forzado (Figuroa-Cárdenas, 2013), una vez secadas se pesaron y los resultados se calcularon con la siguiente ecuación: % parte =  $\frac{\text{peso de la parte}}{\text{peso total}} \times 100$  Por

$$\text{ejemplo: \% endospermo} = \frac{\text{peso endospermo}}{\text{peso total}} \times 100$$

### Diseño experimental y análisis de datos

El diseño experimental consistió en bloques completamente al azar con dos tratamientos y 15 repeticiones. Los tratamientos consistieron en los maíces criollos morado y amarillo. Los datos obtenidos se sometieron a análisis de varianza, y cuando resultó significativo ( $p \leq 0.05$ ), se realizaron comparaciones de medias entre los tratamientos con la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) con el paquete estadístico MiniTab18 (Montgomery, 2004).

## Calidad de mazorca

En el Cuadro 1 se resumen los datos obtenidos de las variables evaluadas en este estudio. Se observa que no existe diferencia significativa entre las variedades de maíces criollos, únicamente que se encontró diferencia estadística en la variable NHM, al presentar mayor número de hileras el criollo amarillo comparado con el morado (12.93 y 10 hileras, respectivamente).

**Cuadro 1. Calidad de mazorca en dos variedades criollas de maíz colectadas en Florencio Villareal, Guerrero.**

Variable	Criollo	
	Morado	Amarillo
PM (g)	133.8 ±17.22 a*	139.73 ±24.61 a
DM (mm)	36.8 ±4.97 a**	39.98 ±2.35 a
LM (mm)	149.1 ±16.84 a	134.27 ±33.8 a
NHM (mm)	10 ±0.32 b	12.93 ±1.67 a
NGH (mm)	32.4 ±2.7 a	29.93 ±3.66 a
DO (mm)	21.14 ±1.92 a	22.04 ±2.81 a
PGM (g)	110.2 ±16.38 a	107.53 ±18.56 a
PO (mm)	22.45 ±4.76 a	32.07 ±8.51 a
PRG (mm)	15.66 ±5.06 a	17.94 ±3.48 a
IDLM (mm)	0.25 ±0.04 a	0.28 ±0.03 a
IHD	0.28 ±0.05 a	0.32 ±0.03 a

\* = media ±desviación estándar; \*\* = medias que no comparten literal son estadísticamente diferentes (Tukey  $\alpha= 0.05$ ). n= 15.

Respecto al resto de las variables evaluadas (PM, DM, LM, GH, DO, IDLM y IHD), no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ), lo cual puede atribuirse a que ambas variantes de maíz corresponden a la denominada maíz punta cuata o dos puntas; por lo que, comparten algunas características del grano. El largo de mazorca (LM), aunque fue estadísticamente igual, el criollo morado presentó mayor longitud comparado con el pigmentado amarillo (149.1 y 134.27 mm, respectivamente). Asimismo, el morado sobresalió 8.25% en el número de granos por hilera (GH).

Espinosa-Calderón *et al.* (2013) reportaron valores promedio de 11.5 a 13.8 cm en longitud de mazorca, hileras por mazorca (13 a 16 hileras) y granos por hilera (26 a 29 granos) en 13 variedades precoces de maíz amarillo establecidas en dos ambientes, valores similares a lo obtenido en el presente trabajo. Estos autores establecieron los ensayos en clima templado con lluvias en verano, comparado con el clima (cálido sub-húmedo) que predomina en La Costa Chica de Guerrero; por lo que, se atribuye que el clima no influyó sobre esta variable. Por su parte, Pecina-Martínez *et al.* (2011) evaluaron el rendimiento en 29 poblaciones de razas nativas de maíz en Tamaulipas, en tres ambientes. Las posibles razas fueron Tuxpeño, Olotillo, Chalqueño, Valdeño y Tepecintle.

Donde reportaron valores de LM, DM, DO, NHM y GH de 15.5, 4.4, 2.5 cm y 12.9, 33.5 granos, respectivamente. El mejor rendimiento se expresó en Valles Altos; mientras que el menor rendimiento lo obtuvieron en el trópico seco. Santa-Rosa *et al.* (2012) reportaron en poblaciones

nativas del Altiplano Poblano, rangos entre 11.5 a 12.4 cm para LM y 43.5 a 48.9 cm para DM, de estos dos valores lo reportado en este trabajo superó al LM reportado por esos autores, al igual presentan valores para NHM y GH de 10.2-14.1 y 20.4-22.5 respectivamente.

### Calidad física de grano

Se encontró que las dos variedades pigmentadas no presentaron diferencias estadísticas significativas ( $p > 0.05$ ) en largo y espesor de grano; así como, en el ILAG excepto en la variable ancho de grano que presentó mayor valor la variedad pigmentada morado de 9.88 mm (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Parámetros de calidad en granos de maíz criollo pigmentados establecidos en Florencio Villareal, Guerrero.**

Variable	Criollo	
	Morado	Amarillo
Largo (mm)	9.97 ±0.9 a	10.09 ±1.25 a
Ancho (mm)	9.88 ±0.26 a	8.34 ±0.19 b
Grosor (mm)	4.23 ±0.16 a	4.31 ±0.63 a
ILAG (mm)	1.01 ±0.08 a	0.84 ±0.13 a

Media± desviación estándar. Medias que no comparten literal son estadísticamente diferentes (Tukey  $\alpha = 0.05$ ). n= 15.

Se puede mencionar que la variedad con mayor largo de grano es la pigmentada amarillo (10.09 mm) y la de mayor espesor (4.31 mm). Sierra-Macías *et al.* (2016) encontraron en razas criollas del estado de Puebla valores de grano en la raza Olotillo de 7.5 mm para ancho, 11.5 mm de largo y espesor de 2.8 mm. Por otra parte, Figueroa-Cárdenas *et al.* (2013) reportan dimensiones de grano en grupos raciales que varían entre 10.1 a 12.8 mm en largo y para ancho y espesor valores de 6.7 a 10 mm y 4.5 a 5.5 mm respectivamente.

### Peso de mil semillas y análisis anatómico

Para el peso de 1 000 semillas, los valores obtenidos en el presente trabajo (Cuadro 3) son similares a lo obtenido por Pérez-Mendoza *et al.* (2006) donde obtuvo en promedio 326.7 g en seis diferentes híbridos de maíz para forraje. Al ser el criollo morado el que presentó mayor peso de semilla (335.78 g). En el análisis anatómico se encontró diferencia en el contenido del endospermo ( $p < 0.05$ ), donde el criollo amarillo presentó 4.17% más en el contenido, respecto al morado.

**Cuadro 3. Anatomía de los granos y peso de semillas de maíz criollos pigmentados cultivados en Florencio Villareal, Guerrero.**

Variable (%)	Criollo	
	Morado	Amarillo
Endospermo	76.69 ±1.47 b	80.82 ±1.14 a
Pericarpio	5.82 ±0.5 a	5.53 ±0.66 a
Pedúnculo	2.88 ±2 a	3.71 ±0.17 a
Germen	11.61 ±0.99 a	9.93 ±1.67 a
PMS	335.78 ±0.77 a	301.56 ±0.38b

Media desviación estándar. Medias que no comparten literal son estadísticamente diferentes (Tukey  $\alpha = 0.05$ ); n= 40.

La variedad pigmentada amarillo presenta un mayor endospermo (80.82%). FAO (1993) menciona que el endospermo representa de 82-84% del peso del grano y este se caracteriza por alto contenido de almidón, se divide en endospermo harinoso y duro y se diferencian entre sí por su facilidad de molienda (Leyva-Ovalle *et al.*, 2002).

Se encontró que ambas variedades tienen un pericarpio estadísticamente similar ( $p > 0.05$ ), aunque de entre estas se puede decir que la variedad pigmentada amarillo presentó un valor menor (5.82%). El pericarpio es la capa que recubre al grano y tiene el papel de proteger al grano del medio, el tamaño del pericarpio está relacionado con la facilidad que tiene la radícula principal para emerger del grano, puesto que este al ser menor es más fácil de romper.

Se dice que un porcentaje de pericarpio alto es consistente con una buena textura de tortillas y un reducido porcentaje de pericarpio resulta agradable al paladar en productos elaborados con mazorcas tiernas (elotes) (Vázquez-Carrillo *et al.*, 2010). No existió diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) en lo relacionado al pedicelo del grano, aunque la variedad pigmentada Amarillo presenta un valor más alto (3.71%), esta estructura al contener células tubulares sirve de anclaje al olote y junto a, el endospermo son fuentes de fibra, especialmente de lignina (Wolf *et al.*, 1952).

Los valores para el contenido de germen no muestran diferencias estadísticas significativas ( $p > 0.05$ ). Se puede considerar a la variedad pigmentada Morado (11.61%) como la variedad que presenta el mayor contenido de germen, se sabe que el germen es la parte viva del grano, en él se localiza la plántula, es rica en minerales, especialmente fósforo, debido a que son los responsables de activar la semilla y activar los procesos enzimáticos que permitan la emergencia de la plántula (Agama-Acevedo *et al.*, 2013), los valores encontrados son similares a los reportados por la FAO (1993), usualmente el tamaño de grano influye en el contenido de grasa del grano.

Vázquez-Carrillo *et al.* (2010) encontró en tres variedades de pigmentación amarilla del estado de Hidalgo contenidos de germen de 9.26%, 10.62% y 10.75% y de pericarpio de 6.45%, 6.55% y 5.94% respectivamente. Este autor menciona que para la industria de la masa y la tortilla altos contenidos de pericarpio no son problema al procesar tortillas y que la calidad de ácidos grasos del germen, ayudan a mejorar la textura de las tortillas resultantes.

## Conclusiones

La variedad pigmentada morado presentó mayor tamaño de mazorca y grano; por lo que, se puede aprovechar en la molienda para alimentación animal y venta como grano entero para la extracción de aceites. El grano de la variedad amarillo presentó mayor porcentaje del endospermo y debido que en esa parte del grano se localiza el almidón, su utilización va a la para la nixtamalización y elaboración de masa, tortilla y sus derivados.

## Literatura citada

Agama, A. E.; Juárez, G. E.; Evangelista, L. S.; Rosales, R. O. L. y Bello, P. L. A. 2013. Características del almidón de maíz y relación con las enzimas de su biosíntesis. *Agrociencia*. 47(1):01-12.

- Bonamico, N. C. and Ibañez, M. A. 2004. Caracterización y clasificación de híbridos simples de maíz con marcadores SSR. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*. 33(2):129-144.
- Coutiño, E. B.; Vázquez, C. G.; Torres, M. B. y Salinas, M. Y. 2008. Calidad de grano, tortillas y botanas de dos variedades de maíz de la raza comiteco. *Rev. Fitotec. Mex.* 31(3):9-14.
- Espinosa, C. A.; Tadeo, R. M.; Turrent, F. A.; Sierra, M.M.; Gómez, M. N. y Zamudio, G. B. 2013. Rendimiento de variedades precoces de maíz grano amarillo para valles altos de México. *Agron. Mesoam.* 24(1):93-99.
- FAO. 1993. Food and Agriculture Organization. El maíz en la nutrición humana. Roma. FAO. <http://www.fao.org/3/t0395s/T0395S00.htm>
- Fernández, S. R.; Morales, C. L. A. y Gálvez, M. A. 2013. Importancia de los maíces nativos de México en la dieta nacional: Una revisión indispensable. *Rev. Fitotec. Mex.* 36(3-A):275-283.
- Figueroa, C. J. D.; Narvárez, G. D. E.; Mauricio, S. A.; Taba, S.; Gaytán, M. M.; Vélez, M. J. J.; Rincón, S. F. y Aragón, C. F. 2013. Propiedades físicas del grano y calidad de los grupos raciales de Maíces nativos (criollos) de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 36(3-A):305-314.
- Franco, M. J. R. P.; González, H. A.; Pérez, L. D. J. y González, R. M. 2015. Caracterización fenotípica de híbridos y variedades de maíz forrajero en Valles Altos del Estado de México, México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 6(8):1915-1927.
- Hernández, Q. J. D. D.; Rosales, N. A.; Molina, M. A.; Miranda, P. A.; Willcox, M.; Hernández, C. J. M. y Palacios, R. N. 2017. Cuantificación de antocianinas mediante espectroscopia de infrarrojo cercano y cromatografía líquida en maíces pigmentados. *Rev. Fitotec. Mex.* 40(2):219-225.
- INEGI. 2009. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Florencio Villareal, Guerrero. Clave geoestadística 12030. INEGI. 9 p.
- INIFAP. 2017. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Agenda Técnica Agrícola, Guerrero. INIFAP. 120 p.
- Leyva, O. O. R.; Carballo, C. A.; Mejía, C. J. A. y Vázquez, C. M. G. 2002. Procesamiento digital de imágenes para la estimulación de textura de endospermo en líneas de maíz. *Rev. Fitotec. Mex.* 25(4):355-365.
- Miranda-Colín, S. 2000. Mejoramiento genético del maíz en la época prehispánica. *Agric. Téc. Méx.* 1(1):3-15.
- Montgomery, D. C. 2004. Control estadístico de la calidad. Núm. 658.562 M66 2004.). Limusa Wiley. 797 p.
- Navarro, G. H.; Hernández, F. M.; Castillo, G. F. y Pérez, O. M. A. 2012. Diversidad y caracterización de maíces criollos: Estudio de caso en sistemas de cultivo en la Costa Chica de Guerrero, México. *Agric. Soc. Des.* 9(2):149-165.
- Pecina, M. J. A.; Mendoza, C. M. C.; López, S. J. A.; Castillo, G. F.; Mendoza, R. M. y Ortiz, C. J. 2011. Rendimiento de grano y sus componentes en maíces nativos de Tamaulipas evaluados en ambientes contrastantes. *Rev. Fitotec. Mex.* 34(2):85-92.
- Pérez, M. C.; Hernández, L. A.; González, C. F. V.; García de los Santos, G.; Carballo, C. A.; Vázquez, R. T. R. y Tovar, G. M. R. 2006. Tamaño de semilla y relación con su calidad fisiológica en variedades de maíz para forraje. *Agric. Téc. Méx.* 32(3):341-352.
- Salazar, J. A. E. y Boschini, F. C. 2002. Producción de forraje con maíz criollo y maíz híbrido. *Agron. Mesoam.* 13(1):13-17.

- Salinas, M. Y.; Cruz, C. F. J.; Díaz, O. S. A. y Castillo, G. F. 2012. Granos de maíces pigmentados de Chiapas, características físicas, contenido de antocianinas y valor nutracéutico. *Rev. Fitotec. Mex.* 35(1):33-41.
- Santa-Rosa, R. H.; Gil, M. H.; Santacruz, V. A.; López, S. H.; Antonio, L. P. y Miranda, C. S. 2012. Diversidad fenotípica de maíces nativos del Altiplano centro-oriente del estado de Puebla, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 35(2):97-109.
- Sierra, M. M.; Andrés, M. P.; Palafox, C. A. y Meneses, M. I. 2016. Diversidad genética, clasificación y distribución racial del maíz nativo en el estado de Puebla, México. *Rev. Cienc. Nat. Agropec.* 3(9):12-21.
- SIAP. 2018. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Atlas Agroalimentario 2012-2018, SIAP. 102-104 pp.
- Vázquez, C. M. G.; Pérez, C. J. P.; Hernández, C. J. M.; Marrufo, D. M. L. y Martínez, R. E. 2010. Calidad de grano y de tortillas de maíces criollos del Altiplano y Valle del Mezquital, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 33(4):49-56.
- Wolf, M. J.; Buzan, C. L.; MacMasters, M. M. and Rist, C. E. 1952. Structure of the mature corn kernel. I. Gross anatomy and structural relationships. *Cereal Chemistry.* 29(5):321-333.