



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIA Y
TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

LICENCIATURA EN INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

CARACTERIZACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE
GRANOS DE ELOTES CRIOLLOS DE LA REGIÓN
OTOMÍ TEPEHUA DEL ESTADO DE HIDALGO

T E S I S

QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PRESENTA:
MIGUEL ÁNGEL RAMÍREZ CUENCA

DIRECTORA:
DRA. ALMA DELIA HERNÁNDEZ FUENTES

TULANCINGO DE BRAVO, HIDALGO, 2006

DEDICATORIAS

- 📖 *Dedico este trabajo en primer lugar a mi sobrino **Miguelito**[†], por cuidarme e iluminar mi camino. Siempre estarás en mi corazón.*

- 📖 *A mis padres **Benigno y Thelma**, por que han guiado cada etapa de mi vida con sabios consejos, comprensión y sobre todo amor. Gracias por creer en mí.*

- 📖 *A mis hermanos Gabino, Paty, Flor, Socorro y Ana, por el cariño que siempre me han brindado y motivarme para seguir adelante. Los quiero mucho.*

- 📖 *A Magos y Oscar, por todos los momentos que hemos compartimos juntos disfrutando las cosas que más nos gustan.*

- 📖 *A mis sobrinos Lupita, Arturo y Omar, por todos los ratos felices que me han hecho pasar.*

AGRADECIMIENTOS

- 📖 *A la Dr. Alma Delia Hernández Fuentes por su apoyo, confianza y amistad. Gracias por la ayuda otorgada durante la realización de mi tesis.*

- 📖 *A los asesores, M en C. Sergio, Dr. Pinedo, Dra. Norma y a la Dra. Isabel por compartir sus conocimientos conmigo, para la realización de mi tesis.*

- 📖 *A mi compañera de tesis Martha Ibarra por su amistad y apoyo brindado en la realización de la tesis.*

- 📖 *A mis compañeros de clase Karla Alejandra, Marisol, Arturo y Andrés. Por su invaluable amistad y compañía, por que su amistad ha sido y será siempre una parte importante en mi vida. Gracias por su apoyo y ayuda durante toda la carrera.*

- 📖 *A Esther por el amor que me has brindado y por estar contigo en los buenos y malos momentos. Gracias flaquita.*

ÍNDICE GENERAL	Pág.
ÍNDICE DE CUADROS.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ii
RESUMEN.....	iii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Origen del maíz.....	3
2.2 Maíz.....	3
2.3 El maíz y su importancia en México.....	3
2.4 Tipos de Maíz.....	4
2.5 Usos del maíz.....	4
2.6 Razas de maíz en México.....	5
2.6.1 Clasificación de razas.....	6
2.7 Periodo vegetativo de la planta de maíz.....	9
2.8 Estructura y características del grano de maíz.....	9
2.8.1 Composición del grano por su textura y forma.....	11
2.8.2 Maíz dulce.....	12
2.8.3 Composición química del grano de maíz dulce.....	13
2.9 Importancia del elote como hortaliza.....	13
2.9.1 Volumen de producción de elotes.....	14
2.10 Postcosecha del elote.....	15
2.10.1 Condiciones de cosecha del elote.....	15
2.10.2 Punto optimó del corte del elote.....	15
2.10.3 Características de un elote de buena calidad.....	16
2.11 Almacenamiento y refrigeración de hortalizas (elote).....	17
2.11.1 Aspectos históricos de hortalizas refrigeradas.....	17

	Pág.	
2.11.2	Importancia de la refrigeración de hortalizas.....	17
2.11.3	Factores que determinan la vida útil de hortalizas almacenadas en refrigeración.....	18
2.12	Almacenamiento en refrigeración del elote.....	18
2.12.1	Velocidad de refrigeración.....	19
2.12.2	Temperatura optima de almacenamiento del elote.....	19
2.12.3	Tasa de respiración del maíz dulce.....	19
2.12.4	Tasa de producción de etileno.....	20
2.12.5	Efecto del almacenamiento en frío sobre la calidad del elote.....	20
2.13	Tratamiento de hortalizas mínimamente procesadas.....	21
2.13.1	Efecto de atmósferas controladas (AC) y atmósferas modificadas (AM).....	22
2.13.2	Envasado al vacío y en películas de polietileno.....	23
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
3.1	Características de la Región.....	24
3.2	Descripción de la materia prima.....	24
3.2.1	Establecimiento del experimento.....	24
	Experimento 1: Caracterización fisicoquímica de tipos de elotes criollos de color.....	25
	Experimento 2: Almacenamiento de granos de elotes criollos de color.....	25
3.3	VARIABLES DE ESTUDIO.....	25
	Longitud del elote.....	25
	Grosor del elote.....	26
	Número de hileras de granos en elote.....	26
	Número de granos por hilera en elote.....	26
	Longitud del grano.....	26
	Grosor del grano.....	26
	Peso del grano.....	26

	Pág.
Humedad.....	26
Cenizas.....	27
Acidez titulable.....	27
Sólidos solubles totales.....	28
Proteína.....	28
Fibra cruda.....	29
Grasa.....	30
Índice de color.....	30
Azúcares totales.....	31
Azúcares reductores.....	31
Almidón.....	32
Etanol.....	33
Pérdidas de peso.....	33
3.4 Análisis de resultados.....	34
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
Experimento 1: Caracterización fisicoquímica de tipos de elotes criollos de color.....	35
Experimento 2: Almacenamiento de granos de elotes criollos de color.....	44
V. CONCLUSIONES.....	57
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
VII. ANEXOS.....	64

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Descripción de razas de maíces criollos más comunes en la región Otomí-Tepehua del Estado de Hidalgo.....	8
Cuadro 2.	Composición y valor energético del maíz dulce amarillo.....	13
Cuadro 3.	Características distintivas de elotes criollos de color de la región Otomí-Tepehua del municipio de Acaxochitlan, Hgo.....	36
Cuadro 4.	Características distintivas de granos de elotes criollos de color de la región Otomí-Tepehua del municipio de Acaxochitlan, Hgo.....	37
Cuadro 5.	Porcentaje de humedad, cenizas, acidez titulable, sólidos solubles totales, proteína, fibra y grasa en granos de elotes criollos de color de la región Otomí-Tepehua del municipio de Acaxochitlan, Hgo.....	39
Cuadro 6.	Cuantificación de color, azúcares totales, azúcares reductores y almidón en granos de elotes criollos de color de la región Otomí-Tepehua de Acaxochitlan, Hgo.....	42
Cuadro 7.	Pérdida de peso (%) en granos de elote criollo amarillo, blanco y azul almacenados en charolas de unicel con película plástica y en bolsas de polietileno al vacío (85 %)......	44
Cuadro 8.	Acidez titulable (%) en granos de elote criollo amarillo, blanco y azul almacenados en charolas de unicel con película plástica y en bolsas de polietileno al vacío (85 %)......	46
Cuadro 9.	Sólidos solubles totales (%) en granos de elote criollo amarillo, blanco y azul almacenados en charolas de unicel con película plástica y en bolsas de polietileno al vacío (85 %)......	47
Cuadro 10.	Color (L, a* y b*) en granos de elote criollo amarillo, blanco y azul almacenados en charolas de unicel con película plástica y en bolsas de polietileno al vacío (85 %)......	49
Cuadro 11.	Contenido de azúcares totales (mg·g⁻¹pf) en granos de elote criollo amarillo, blanco y azul almacenado en charolas de unicel con película plástica y en bolsas de polietileno al vacío (85 %)......	51

	Pág.
Cuadro 12. Contenido de azúcares reductores (mg·g⁻¹pf) en granos de elote criollo amarillo, blanco y azul almacenado en charolas de unicel con película plástica y en bolsas de polietileno al vacío (85 %).	52
Cuadro 13. Contenido de almidón (mg·g⁻¹pf) en granos de elote criollo amarillo, blanco y azul, almacenados en charolas de unicel con película plástica y en bolsas de polietileno al vacío (85 %).	54
Cuadro 14. Contenido de Etanol (mg·g⁻¹extracto) en granos de elote criollo amarillo, blanco y azul, almacenados en charolas de unicel con película plástica y en bolsas de polietileno al vacío (85 %).	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Grupos de maíz basados en la textura del grano.....	12
Figura 2. Elotes de maíz criollo.....	16

RESUMEN

En México se cuenta con una gran diversidad de razas y subrazas de maíz que representan un enorme acervo genético; existe una gran cantidad de materiales criollos diferenciados para la alimentación humana, cuya producción atiende nichos de mercado para productos alimenticios específicos. El maíz es el producto que más contribuye a la alimentación mexicana y de muchos pueblos latinoamericanos, y se consume de diferentes formas. En México está generalizado el uso de elotes para el consumo humano, ya sea cocidos, asados, en preparaciones especiales o en conserva y se usa en la fórmula de muchas recetas culinarias (Díaz, 1964; Robles, 1985; Citados por Arreguín, 2002).

Es necesario generar alternativas de comercialización e industrialización que promuevan e incentiven la producción tanto de elote como de maíz para darle valor agregado, sobre todo a los maíces criollos, con los que además puede ayudar a conservar el germoplasma nativo. No existen reportes sobre las características sensoriales, de calidad y de composición de elotes de maíz pigmentado, ni sobre conservación de granos de elote fresco o semi-procesado, para que puedan distribuirse más ampliamente, en cuanto lugar y tiempo.

El objetivo del presente trabajo fue. Evaluar las características físico-químicas de granos de elote y el tiempo de almacenamiento utilizando charolas de unicel con película plástica y en bolsas de polietileno con 85 % al vacío. Para ello se realizaron dos experimentos; en los cuales el diseño experimental fue completamente al azar, con tres repeticiones por tratamiento. En el experimento uno, para el diseño de tratamientos se asignaron de acuerdo al color del grano del elote quedando de la siguiente forma: T₁ amarillo, T₂ blanco, T₃ azul y T₄ rojo, para la evaluación de las variables siguientes: longitud, grosor, número de hileras de granos en elote, número de granos por hilera en elote, se realizaron en elotes, longitud, grosor, peso, humedad, cenizas, sólidos solubles totales, acidez titulable, proteína, fibra, grasa, índice de color, azúcares totales, azúcares reductores y almidón en granos. En el experimento dos se evaluó la influencia del tiempo de almacenamiento en la calidad final del grano de elote almacenado a 5 ± 1 °C, durante 0 días (inicial), 10, 20 y 30 días de refrigeración, de los criollos amarillo, blanco y azul empacados en charolas de unicel con película plástica de poliolefina y en bolsas de polietileno con 85 % al vacío, los tratamientos se asignaron de acuerdo al tipo de empaque y color quedando distribuidos así: T₁ charolas de unicel con película plástica con grano amarillo, T₂ charolas de unicel con película plástica con grano blanco, T₃ charolas de unicel

con película plástica con grano azul, T₄ bolsa de polietileno al 85 % al vacío con grano amarillo, T₅ bolsa de polietileno al 85 % al vacío con grano blanco, T₆ bolsa de polietileno al 85 % al vacío con grano azul, se evaluaron las variables pérdida de peso, acidez titulable, sólidos solubles totales, índice color, azúcares totales, azúcares reductores, almidón y etanol.

Los cuatro tipos de elotes criollos amarillos, blancos, azules y rojos presentaron valores similares en cuanto a sus características físicas sin embargo el elote azul destacó con mayor longitud del elote, del grano y peso del mismo. En cuanto a las características físico-químicas del elote tipo criollo amarillo presentó un menor por ciento de humedad, cenizas, proteína y etanol, así mismo mayor porcentaje de fibra e incremento de concentración de azúcares totales, azúcares reductores, almidón y un incremento del parámetro b*, el criollo blanco presento el mayor porcentaje de cenizas, sólidos solubles totales, acidez, grasa y Luminosidad L., el criollo azul mostró un porcentaje bajo en sólidos solubles totales, acidez, fibra y en etanol, y por ultimo el criollo rojo presento el mayor porcentaje de humedad, proteína y un incremento del parámetro a*, sin embargo, se observo un decremento en grasa.

El tipo de empaque más adecuado a 5 ± 1 ° C fueron las bolsas de polietileno al vacío 85 % las cuales prolongaron el periodo de vida de anaquel a 30 días respecto a las charolas con película plástica en granos de elote criollo, sin modificar las características físico-químicas y organolépticas, sin embargo hubo decremento de azúcares totales y reductores. El elote criollo amarillo presentó los valores iniciales de azúcares totales, azúcares reductores y almidón con concentraciones mayores, después de 30 días mostraron los valores más altos de sólidos solubles totales y azúcares totales respecto al resto de criollos evaluados.

I. INTRODUCCIÓN

En los Valles Altos (2101 a 2550 msnm) de la región centro del país, que comprende parte de los estados de México, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo, Querétaro, Guanajuato y Morelos, se cosecharon 553,569 ha de maíz de éstas, 207,148 ha el 37.4 % fueron de riego y de temporal benigno y en las que se puede tener un mayor impacto con el uso de nuevas tecnologías de transformación, industrialización y comercialización. (Turrent, 1994)

La producción nacional de maíz de temporal destinado a la comercialización como granos y elote se ha incrementado en los últimos años en más de 100 %, al pasar de 20,620 toneladas en el año 2000 a 45,049 toneladas en el 2004. En el año 2004 el precio medio rural del grano de maíz de temporal en el Estado de Hidalgo fue de \$ 1,997 pesos / ton , mientras que para el elote fue de \$ 1,468 pesos / ton; pero, el rendimiento del grano fue de 1.18 ton·ha⁻¹ mientras que para el grano fresco el rendimiento fue de 2.98 ton·ha⁻¹ , lo que sugiere que la producción de elote es más rentable que la de grano (SAGARPA, 2004).

Una característica común de los elotes criollos de color sembrados en ésta región, es que son más dulces que los elotes comerciales al cosecharse en estado inmaduro y bajo ciertas condiciones, además uno de los atributos de los granos de elotes pigmentados son las antocianinas cuya importancia radica en el uso como colorante natural en alimentos y en su poder antioxidante (Salinas, 2000).

En México, existe una gran diversidad de maíces criollos con buenas características para granos frescos y elotes (Olivares 1995).

En el estado de Hidalgo los elotes y granos de elotes cocinados son altamente aceptados por la población, sin embargo son productos que deben consumirse cuando más al segundo día de elaborados por que pierden sus características organolépticas. En base a lo anterior nos planteamos el siguiente objetivo:

Objetivo General

- Evaluar las características físico-químicas de granos de elote y el tiempo de almacenamiento utilizando charolas de unicel con película plástica y bolsas de polietileno con 85 % al vacío.

Objetivos Específicos

- Determinar longitud, grosor, número de hileras de granos en elote, número de granos por hilera en elote, peso del grano, humedad, cenizas, sólidos solubles totales, grasas fibra, proteína, índice de color, azúcares totales, azúcares reductores, almidón y etanol en granos de elotes criollos, amarillo, blanco, azul y rojo de la región Otomí-Tepehua, del municipio de Acaxochitlan, Hidalgo.
- Determinar el efecto de dos tipos de empaque y cuatro tiempos de almacenamiento en la conservación de granos de elote para su comercialización.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen del maíz

El maíz (*Zea mays*) es originario del Hemisferio Occidental, fue el único cereal cultivado en forma sistemática por los indios americanos. Colón encontró que el maíz se cultivaba en Haití, donde se llamaba mahíz. (Staackmann, Matz 1998; Citados por Desrosier, 1998). El centro de origen primario de la planta lo mas probable es que sea América Central, donde todavía crece una planta silvestre similar, la teocinte (*Euchlaena mexicana*). En su cuaderno de bitácora (diario de navegación) fechado el 6 de noviembre de 1492, Colón relata haber visto grandes cantidades de un grano al que los indios llaman “maíz” y los exploradores posteriores comprobaron que el maíz era un cultivo nativo en cualquier parte de lo que hoy es el sur de Canadá hasta el sur de Chile, existe evidencia arqueológica de que la planta se cultivaba en Nuevo México hace unos 5,600 años (determinación realizada mediante el carbono de los zuros o carozos). El maíz fue introducido a Europa en 1494 después del regreso de Colón de su segundo viaje y en pocos años se extendió al sur de Francia, Italia y al norte de África (Hawthorn, 1983).

2.2 El maíz

El maíz (*Zea mays L.*) pertenece a la familia *gramineae*. Los miembros de este grupo botánico tienen sistemas de raíces fibrosas, hojas alternantes, venas paralelas en las hojas, vainas de hojas divididas, tallos cilíndricos con nudos sólidos y flores en espiga más o menos abiertas (Staackmann y Matz 1998; Citados por Desrosier 1998).

2.3 El maíz y su importancia en México.

Antes del descubrimiento de América, el maíz era la base de alimentación de muchas comunidades indígenas. El maíz es la especie vegetal cultivada de mayor importancia socioeconómica en nuestro país de la cual se tiene una extensa información de tipo agronómico, la influencia del maíz en la alimentación humana, además de ir unido a tradiciones y costumbres locales, se basa en cualidades alimenticias, culinarias y gastronómicas, sin nombrar las económicas, que lo hacen en extensas zonas del mundo y en algunos países, el alimento humano más importante (Jugenheimer, 1981).

2.4 Tipos de maíz

De acuerdo con la estructura de sus granos, el maíz puede dividirse en subespecies (Pearsons *et al.*, 1991):

***Zea mays indurata* o maíz cristalino:** Tiene un endospermo duro y granos de almidón compacto. Es conocido en otros países como maíz flint. Este maíz se usa tanto en la alimentación como materia prima para la obtención de alcohol y almidón.

***Zea mays amylacea* o maíz amiláceo:** Tiene endospermo blando. Sus granos de almidón no son compactos. Este tipo de maíz se cultiva en pequeña escala. También llamado maíz harinoso.

***Zea mays everta* o maíz reventador o palomero:** Tiene granos pequeños. Su endospermo es muy duro y revienta al tostarse, formando palomitas o rosetas. Según (Cano 1973; citado por Poey, 1978).

***Zea mays tunicata* o maíz tunicado:** El grano puede tener diferentes tipos de endospermo. El maíz tunicado se identifica por la presencia de glúmelas bien desarrolladas que cubren el grano.

***Zea mays cérea* o maíz céreo:** Se le distingue por su endospermo céreo. Se le utiliza en la elaboración de budines, gomas y adhesivos. El almidón está compuesto solo por amilopectina, en vez de una mezcla con amilosa.

***Zea mays saccharata* o maíz dulce:** Su endospermo tiene alrededor de 11 % de azúcar. Al secarse toma un aspecto arrugado. Es adecuado para el consumo humano.

Existen otras dos formas de maíz que son:

Zea mays japónica: Se le clasifica como planta hortícola. Sus hojas son rayadas, las cuales tiene aplicación de tipo ornamental.

Zea mays gracillina: Es una planta hortícola enana.

2.5 Usos del maíz.

El maíz es un cultivo en extremo generalizado y tiene múltiples usos. Se cultiva con diferentes propósitos, tales como producción de forraje verde, ensilaje para el consumo animal y

producción de granos secos o como hortaliza en forma de elotes para el consumo humano (Pearsons *et al.*, 1991).

Los Estados Unidos producen alrededor de 58 por ciento de la cosecha mundial de maíz y usan unas tres cuartas partes de ella como pienso para los animales, lo cual quiere decir que a nivel mundial el maíz debe ser considerado primariamente como un cultivo para piensos. Sin embargo, una fracción apreciable e importante es utilizada como alimento para el hombre, bien directamente en forma de harina integral o indirectamente, en forma de productos tales como almidón de maíz, jarabe de maíz, palomitas de maíz y productos de pastelería, bollería o panadería. Una aplicación muy importante es su utilización para la producción de bebidas alcohólicas, tanto en Estados Unidos como en otros países (Hawtorn, 1983).

No se debe perder de vista que otros países como china, están desarrollando esfuerzos para potenciar el uso de éstos maíces en productos congelados y enlatados (Gao, 2000); o se explora su uso como alimentos funcionales dado su contenido de antocianinas para la supresión del cáncer de colon o como fuente de pigmentos naturales (Auki y Nishiyama, 2001).

El maíz cosechado en estado inmaduro en forma de elote está considerado como una semilla consumida en forma de hortaliza fresca pues, las semillas son más dulces y mas tiernas en estado inmaduro (Wills y Lee, 2000).

2.6 Razas de maíz en México

En México existen un total de 42 razas de maíz, que revelan por lo menos 9,000 años de historia de nuestra agricultura. Mismos que se inician con los llamados Teocintes del altiplano, de los cuales se derivan decenas de variedades y clases que por medio de un múltiple cruzamiento han llegado a formar lo que se conoce como “Los complejos mexicanos” (Bringas, 1998).

Los indígenas domesticaron e iniciaron la selección del maíz contribuyendo de manera relevante, en la formación de variedades y razas; los agricultores las han conservado por siglos y los científicos las han estudiado y clasificado para su conservación, mantenimiento y mejoramiento (Reyes 1990).

Raza

Poblaciones de individuos de una misma especie con genotipos similares; que manifiestan ciertos rasgos diferenciales, heredables y que a su vez, permiten separarlas de otras poblaciones. La formación de razas diferentes se origina por distintas modalidades de aislamiento que restringen la reproducción a un cierto número de individuos; estas barreras generalmente son ecológicas en naturaleza. Dentro de una raza hay alto número de variedades.

Variedad

Es un Grupo de individuos de una especie y raza con rasgos diferenciales más estrechos que aquellos manifestados por las razas. Las variedades agronómicas son producto de la selección humana que tiende a formar grupos de plantas similares con tendencia a su explotación económica. En México, las miles de variedades dispersas en su territorio se han agrupado en 30 razas y seis subrazas; la mayoría de las variedades colectadas en México son mezclas de dos o más razas (Reyes, 1990).

2.6.1 Clasificación de razas

En los últimos años, debido en gran parte a la acumulación de conocimientos sobre la genética y la citología del maíz y en parte al surgimiento de nuevas hipótesis acerca del origen del maíz y sus congéneres, ha revivido el interés sobre la clasificación del mismo (Hernández, 1987).

Según Reyes (1990) y Wellhausen (1951) de acuerdo a su derivación, las razas de maíz en México pueden dividirse en los siguientes grupos:

- A) Indígenas o antiguas:** Palomero Toluqueño, Arrocillo amarillo, Chapalote y Nal-tel.
- B) Exóticas precolombinas:** Cacahuacintle, Harinoso de ocho, Glotón y Maíz dulce
- C) Mestizas prehistóricas:** Cónico, Reventador, Tabloncillo, Tehua, Tepecintle, Comiteco, Jala, Zapalote chico, Zapalote grande, Pepitilla, Olotillo, Tuxpeño y Vandeño.
- D) Modernas incipientes:** Chalqueño, Celaya, Cónico norteño y Bolita.
- E) Serranas occidentales:** Tablilla de ocho, Bofo, Gordo, Azul y Apachito.
- F) Razas pobremente definidas** Conejo, Mushito, Zamorano amarillo, Maíz blando de Sonora, Onaveño y Dulcillo del noroeste

De acuerdo con lo anterior podemos afirmar que en México se cuenta con una gran diversidad de razas y rubrazas de maíz que representan además de un acervo genético, una gran cantidad de materiales criollos diferenciados para la alimentación humana, cuya producción atiende nichos de mercado para productos alimenticios muy específicos, por lo que los criterios de productividad en muchas razas en varias regiones del país han sido sobrepuestos por preferencias particulares de nichos de mercado (FIRA, 1998).

En el cuadro uno se describe la morfología de la planta de maíz, mazorca y grano de algunas razas de maíz criollos más comunes en la región Otomí-Tepehua del Estado de Hidalgo.

Cuadro 1. Descripción de razas de maíces criollos más comunes en la región Otomí-Tepehuá del Estado de Hidalgo.

Razas	Nal-tel	Cacahuacintle	Dulce	Cónico	Tabloncillo	Olotillo	Vandefío	Chalqueño	Cónico norteño	Celaya
Origen	Yucatán	México Toluca Tlaxcala	Jalisco Nayarit Durango	México Tlaxcala Puebla Hidalgo Michoacán	Jalisco Nayarit	Chiapas	Chiapas Michoacán	Hidalgo México Tlaxcala Puebla Querétaro	Jalisco Guanajuato Querétaro	Michoacán Jalisco Querétaro
Altura/planta	1.5-2 m	2.00 m	1.8 m	1.7 m	2.4 m	3.00 m	2.5 m	2.5-5.00 m	1.5 m	1.8 m
Ahijamiento	Poco	Poco	Mediano	Poco	Mucho	Poco	Poco	-----	Mucho	Poco
No. hojas	± 12	± 10	± 12	± 8	± 12	± 16	± 13	± 13	± 12	± 15
I. Venación	Mediano	3.16	Elevado	Bajo	Alto	Alto	-----	Mediano	Mediano	Mediano
Altitud (m)	Baja	2200-2800	1000-1500	2200-2800	0-1500	300-700	0-500	1800-3000	1600-2100	1200
Diámetro/ mazorca	26-28 mm	43-45 mm	44-48 mm	34-47 mm	36-44 mm	36-39 mm	51-55 mm	42-52 mm	45-48 mm	38-40 mm
Forma de la Mazorca	Pequeña y corta	Larga un poco cónica	Corta y ancha cilindrada	Cortas cónicas	Medianas, cilíndricas y delgadas	Delgada, larga y cilíndrica	Cortas cilíndricas y gruesas	Medianas y gruesas	Cortas, adelgazadas del ápice	Cilíndrica Alargada
No. hileras	11-13	15-17	14-16	16-17	6-8	8-10	13-14	16-18	16	14-18
Morfología del grano	Pequeños redondos	Largos redondos	anchos longitud mediana.	Pequeños puntiagudos y dentados	Muy anchos y cortos	anchos y gruesos	Medianos y dentados	Angostos delgados y largos	Angostos delgados y largos	Medianos alargados
Endospermo	Cristalino amarillo	Blanco	Azucarado blanco o amarillo	Duro y blanco	Suave y blanco	Suave y blanco	Blanco y un poco duro	Blanco y medianamente suave	Blanco y de dureza mediana	Blanco Suave
Aleurona	Sin color	Sin color	Sin color	Sin color	Sin color	Sin color	Sin color	Sin color	Sin color	Sin color
Pericarpio	Sin o con color	Sin color	Sin color o rojo	Sin color	Sin color	Sin color	Sin color	Sin color	Sin color	Sin color

Fuente: Hernández, 1987; citado por Lozada, 2005

2.7 Periodo vegetativo de la planta de maíz

El proceso de crecimiento de las plantas de maíz, puede ser dividido en cuatro fases (Tanaka y Yamaguchi, 1972).

1. Fase vegetativa inicial: Brotan las hojas y posteriormente se desarrollan en sucesión acrópeta (de abajo hacia arriba) la producción de materia seca es lenta. Esta fase termina al iniciarse ya sea la diferenciación de los órganos reproductivos o la elongación de los entrenudos o bien ambos casos.

2. Fase vegetativa activa: Se desarrollan las hojas, el culmo (tallo articulado de las gramíneas) y el primordio de los órganos reproductivos, primeramente ocurre un incremento activo del peso de las hojas y posteriormente del culmo, esta fase termina con la emisión de los estigmas.

3. Fase inicial de llenado del grano: El peso de las hojas y del culmo continúa incrementándose a una velocidad menor. Continúa el incremento en el peso de las espatas (brácteas) y del raquis (olote) y el peso de los granos se incrementa lentamente. Esta puede ser considerada como una fase transitoria entre la vegetativa y la de llenado del grano.

4. Fase de llenado activo del grano: Se presenta un rápido incremento en el peso de los granos, que va acompañado por un ligero abatimiento del peso en hojas, culmo, espatas y raquis.

2.8 Estructura y características del grano de maíz

El fruto de la planta de maíz se llama comercialmente grano, botánicamente es un fruto o cariósipide y agrícolamente se le conoce como semilla, se encuentra insertado en el raquis u olote constituyendo hileras de granos o barreras, cuyo conjunto forma la mazorca, el número de hileras es par y varía de 8 a 30 carreras (Espinosa, 2003). Al desarrollarse los núcleos fusionados, se forman, separadamente el endospermo y el germen, mientras que el pericarpio se desarrolla del crecimiento de las paredes del ovario, se considera cada grano como fruto o cariopsis por tener el pericarpio íntimamente unido al endospermo y germen (Wolf *et al.*, 1952a; Citado por Poey, 1978).

El grano de maíz esta compuesto por cuatro partes principales que pueden ser apreciadas a simple vista: pericarpio, endospermo, germen y pedicelo (punta) (Watson, 1987). El mayor

componente del maíz es el almidón, el cual un 98 % está en el endospermo (Earle *et al.*, 1946 citado por Watson, 1987).

Pericarpio

Este tejido contribuye aproximadamente con el 6 % del peso total del grano y corresponde a la pared ovárica que después de desarrollada y transformada cubre totalmente el grano de maíz. A veces la coloración externa del grano depende del pericarpio y no del endospermo, esta coloración puede ser anaranjada, roja, morada o variegada y depende de la presencia de taninos y pigmentos antociánicos (Kiesselbach, 1949; Citado por Poey, 1978). El pericarpio se subdivide en epicarpio, protegido por la cutícula y los pelos, mesocarpio, formado por células transversales y endocarpio por células tubulares (Callejo *et al.*, 2002).

Endospermo

Generalmente esta estructura contribuye con el 80-85% del peso total del grano; su función metabólica es la de abastecer reservas alimenticias para el proceso de germinación del embrión y desarrollo inicial de la plántula. Está constituido por células de paredes delgadas que contienen granos de almidón y proteína. Está formado por 2 tejidos la aleurona y el parénquima amiláceo (Wolf *et al.*, 1952c; Citado por Poey, 1978).

La proteína dentro del endospermo se distribuye uniformemente en asociación con los granos de almidón. La mayor concentración se encuentra en la aleurona de 8 a 10 % (Duvick, 1961; Citado por Poey, 1978)

Los carbohidratos constituyen generalmente la mayor parte del endospermo con 70-85 % de su peso. Se estima que los almidones constituyen más del 85% del total de los carbohidratos (Earle *et al.*, 1946; Citado por Poey, 1978).

El endospermo del maíz dulce se caracteriza por su alto contenido de proteína, implicando que ese constituyente no depende solo de la matriz proteínica, en el endospermo de maíces dulces la presencia de mayor proporción de dextrosas (polímeros de glucosa de bajo peso molecular) que de gránulos de almidón, contribuye a que se mantenga suave y succulento y con sabor dulce durante mayor tiempo que los endospermos harinosos y cristalinos.

El color del endospermo puede estar dado por la capa de aleurona que puede ser roja o púrpura y/o por el parénquima endospermico que puede ser amarillo o blanco. La coloración diferente

del blanco está determinada químicamente por la presencia de carotenoides y flavonoides (Bonner, 1965; Citado por Poey, 1978).

Germen

Este órgano contribuye generalmente con el 10 a 15 % del peso seco del grano y su función biológica es la de producir una nueva planta bajo condiciones ambientales apropiadas para el crecimiento y diferenciación de sus tejidos. Se encuentra ubicado en la base del grano, en forma aplanada y adyacente al endospermo. Su estructura está constituida en un eje principal, vertical a la base del grano, formado por la radícula y la plúmula (Wolf *et al.*, 1952d; Citado por Poey, 1978).

Pedúnculo

El pedicelo es lo restante del órgano de adhesión del grano de maíz con el olote. Constituye aproximadamente el 1 % del peso seco del grano. Está compuesto de células en forma de estrellas, arregladas en una estructura esponjosa bien adaptada para una rápida absorción de humedad. Entre la punta y la base del germen hay un tejido azul conocido como capa hilar, que aparentemente funciona como un mecanismo de sellado cuando el grano llega a su madurez fisiológica (Inglett, 1970).

2.8.1 Composición del grano por su textura y forma

El grano es muy variable en su tamaño, composición, textura y forma. Según Reyes, (1990) Citado por Espinosa (2003), hay granos muy pequeños, de unos cuantos milímetros y granos bastante grandes que llegan a medir centímetros, la corona puede ser aguda como en palomeros, redonda como en los cristalinos, hendida como en los dentados y rugosa como en los maíces céreos y dulces. Las diferentes texturas del endospermo conocidas comúnmente como dentado, cristalino, harinoso, ceroso, palomero o reventador y dulce, se determinan principalmente por variaciones en la organización y tipos de los gránulos de almidón (Figura 1). Tanto el término textura como su clasificación, ha sido motivo de crítica por su ambigüedad y carencia de fundamento anatómico específico (Cano, 1973; Citado por Poey, 1978).

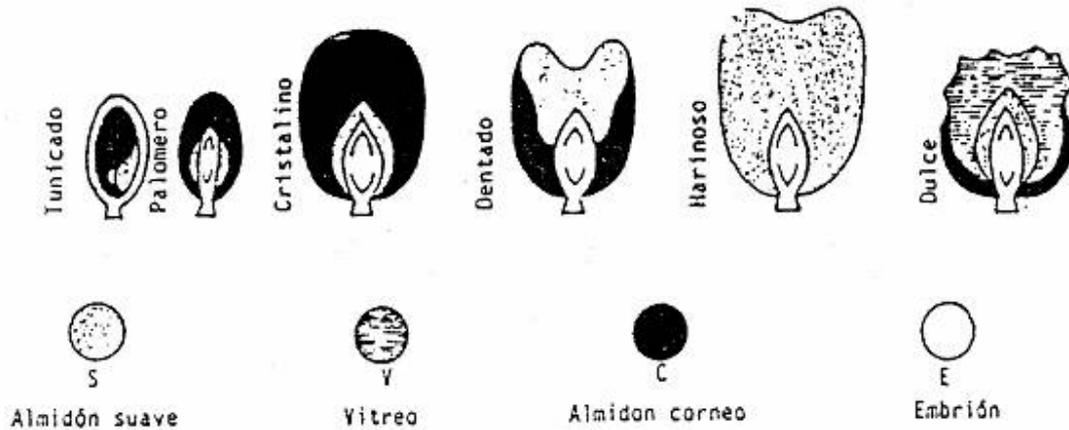


Figura 1. Grupos de maíz basados en la textura del grano, Fuente: Reyes, 1990.

2.8.2 Maíz dulce

El maíz dulce (*Zea mays saccharata*) en su endospermo tiene alrededor de 11 % de azúcar, al secarse toma un aspecto arrugado. Es adecuado para el consumo humano, se consume en forma de elotes (Pearsons *et al.*, 1991). El maíz dulce difiere del maíz de campo (dentado y duro) en que es mayor la cantidad de carbohidratos del grano que está presente como polímeros de la glucosa de peso molecular relativamente bajo (dextrinas) más que como gránulos de almidón.

En consecuencia, los granos del maíz dulce retienen su textura blanda y succulenta y su sabor dulce por un periodo más largo durante su desarrollo. Los granos del maíz dulce, al madurar y secarse, son tan duros como los del maíz de campo, aunque tienen una superficie arrugada. Por otra parte, ciertas variedades del maíz de campo se venden como maíz dulce cuando están en etapa de inmadurez.

Algunos botánicos consideran que el maíz dulce es una especie diferente o subespecie que existe desde tiempos prehistóricos, mientras que otras autoridades la consideran una mutación del maíz del campo de origen relativamente reciente. Este último punto de vista es el que prevalece en la actualidad (Desrosier, 1998).

2.8.3 Composición química del grano de maíz dulce

Los principales componentes químicos del maíz son: almidón, proteínas y lípidos, conteniendo también cantidades menores de fibra cruda, azúcares, minerales y otras sustancias orgánicas como vitaminas (Watson y Ramstad, 1987).

De acuerdo con Mertz (1992), la composición del maíz dulce en forma de verdura fresca es la siguiente (Cuadro 2).

Cuadro 2. Composición y valor energético del maíz dulce amarillo, (valor nutritivo de 100 gramos porción comestible).

Maíz dulce amarillo como verdura fresca		
Composición		Valor
Agua (%)		73.9
Energía del alimento (Cal)		92
Proteína (g)		3.7
Grasa (g)		1.2
Total carbohidratos (g)		20.5
Fibra (g)		0.8
Cenizas (g)		0.7
Calcio (Mg)		9
Fósforo (Mg)		120
Hierro (Mg)		0.5
Valor de vitamina A (I.U.)		390
Tiamina (Mg)		0.15
Riboflavina (Mg)		12
Niacina (Mg)		1.7
Ácido ascórbico (Mg)		12

Fuente: Watt *et al.*, 1950, Citado por Mertz, 1992.

2.9 Importancia del elote como hortaliza.

Anteriormente, este producto solo podía ser utilizado para su consumo en estado seco o natural, lo que impedía extender su cultivo a gran escala. En la actualidad es posible contar con los equipos especiales que permitan alargar por más tiempo su punto óptimo de consumo, además de poder presentarlo al consumidor en forma enlatada. Esto ha originado que muchos países no productores de maíz puedan consumir este producto adquiriéndolo en cualquier época del año (Jugenheimer, 1981).

Es importante señalar que en la práctica es común ver el consumo de elotes tiernos en todos los niveles socioeconómicos de México, los cuales son utilizados como complemento o ingrediente básico en diversos platillos nacionales e internacionales (Olivares, 1995).

La riqueza del maíz en el arte culinario mexicano es inagotable y esto es algo que debe conservarse y aprovecharse comercialmente, tanto en el interior del país así como en el ámbito internacional, actualmente y con motivo de la globalización mundial, la comida mexicana presenta una etapa de expansión un ejemplo es la conquista gastronómica que se está llevando a cabo en Estados Unidos (FIRA, 1998).

2.9.1 Volumen de producción de elotes.

El 85% de la superficie de la República Mexicana está sembrada con maíz no mejorado, por lo que hay algunas desventajas en los híbridos para su introducción y permanencia en las diferentes regiones (CIMMYT, 2004).

En México la superficie sembrada con cultivos básicos es de 10'828,485 hectáreas de las cuales el 77 % o sea 8'403,639 hectáreas son de maíz incluyendo al amarillo, blanco, azul y pozolero considerando variedades de riego y temporal, el 17 % (1'822,647 ha) se encuentra sembrada con frijol, el 5% (535,118 ha) con trigo y el 1% (67,054 ha) con arroz. Lo cual indica la importante participación del maíz en el volumen de producción de cultivos básicos (SIAP, SAGARPA, 2004). Y una parte de la superficie destinada para cultivo de maíz es también para la producción de elote.

En la República Mexicana, la superficie destinada al cultivo de elotes es principalmente en tierras de riego; solo en algunos estados de la República como San Luís Potosí, Quintana Roo, Distrito Federal, Estado de México, Jalisco, Michoacán, Morelos y Puebla se siembran superficies considerables en tierras de temporal (SAGARPA, 1999,2004).

De acuerdo con el sistema de información agropecuaria de consulta (SIACON), en el año 2004, la superficie nacional destinada a la producción de elote en tierras de temporal fue de 22,834 ha con una producción de 45,049 toneladas y un rendimiento de 2.988 ton/ha.

2.10 Postcosecha del elote

Las expectativas de postcosecha del maíz dulce han cambiado dramáticamente ante la mayor disponibilidad y popularidad de variedades súper dulces basadas en el gen de encogimiento (*shrunk-2*, *sh-2*) y en otras mutaciones naturales que fomentan la dulzura, aunque no están relacionadas a la dulzura, percepciones y preferencias regionales del consumidor por el color del grano, han provocado un cambio significativo desde el maíz amarillo tradicional hasta el blanco y bicolor (Trevor, 2002).

2.10.1 Condiciones de cosecha del elote

El maíz dulce (elote) se considera maduro para el consumo fresco o para el procesamiento de granos cuando se secan los estigmas por polinización y los granos siguen inmaduros, las hojas de envoltura aun siguen apretadas y tienen un buen aspecto verde, la mazorca se encuentra firme y turgente, los granos están hinchados y cuando se les presiona, parecen ser lechosos y no masosos, los elotes pueden ser cosechados. La cosecha para el mercado fresco se debe hacer a mano, elotes se desprenden hacia abajo y en dirección contraria al tallo principal, se recortan las puntas del tallo para evitar una pérdida excesiva de agua (Trevor, 2002). Las semillas que se consumen frescas se cosechan cuando su contenido en agua es del orden del 70 % (Wills y Lee, 2000).

2.10.2 Punto óptimo de corte del elote

Según Salazar, (1982) el punto de referencia para el corte del elote es la emisión de estigmas. Se considera que de uno a cuatro días después de la emisión de estigmas son los intervalos óptimos de corte en donde se presentan altos contenidos de proteína y azúcares totales que eleven el valor nutritivo y dan un sabor más agradable al elote; así mismo el menor contenido de fibra cruda da una consistencia más tierna que mejorará la textura. Generalmente, las semillas son más dulces y más tiernas en estado inmaduro. Al progresar la maduración los azúcares se convierten en almidón, con la consiguiente pérdida de valor dulce, el contenido de agua disminuye y la cantidad de fibra aumenta. Otro punto para la cosecha del elote es que partir de que se cumplen 110 días que dura el ciclo para la obtención del elote, se presentan 7 días en estado lechoso en los cuales dentro de éste rango, puede cosecharse (Huelsen, 1954; Citado por Franco, 1987).

2.10.3 Características de un elote de buena calidad

Los granos se encuentran en estado lechoso. Su masa es blanda. (Pearsons *et al.*, 1991). La calidad del elote para el mercado fresco se evalúa de acuerdo a una apariencia fresca y uniforme, filas de granos bien formadas y uniformes, turgencia y un contenido lechoso de granos, y la ausencia de daños y defectos (decoloración, daño de cosecha, daño de gusanos, insectos vivos, estigmas o granos podridos (Figura 2) (Trevor, 2002).



Figura 2. Elotes de maíz criollos.

De acuerdo con Olivares (1995) entre las características que debemos buscar para tener elotes de buena calidad están:

- 1.- Buena cobertura de espatas y totomoxtles. Las espatas o envolturas deben ser lo suficientemente largas y de buena adherencia hacia el elote para protegerlo del daño de pájaros, plagas y de la penetración del agua de lluvia.
- 2.- Uniformidad en floración. Es importante que las variedades muestren una uniformidad en este carácter.
- 3.- Apariencia fresca y uniforme.

4.- Filas de granos bien formadas y uniformes.

5.- Turgencia y contenido lechoso de granos (granos tiernos) (Ballesta *et al.*, 1997).

6.- Ausencia de daños y defectos (decoloración, daño de cosecha, daño de gusanos, insectos vivos, cerdas o granos podridos).

2.11 Almacenamiento y refrigeración de hortalizas (elote)

2.11.1 Aspectos históricos de hortalizas refrigeradas

Una de las primeras aplicaciones de la tecnología de conservación de alimentos se realizó en el área de las hortalizas, porque los factores estacionales determinan que solamente pueda disponerse de hortalizas frescas durante un corto periodo de tiempo aún cuando se ha tenido éxito en la ampliación de la época de producción y de recolección de muchas hortalizas, y de una mayor eficacia en la cadena de abastecimiento y en consecuencia, a reducir la necesidad de prolongar la vida útil de éstos productos. Actualmente las mejoras en la tecnología de los métodos de enfriamiento y de refrigeración han conducido también a que se amplíe la vida útil de las hortalizas refrigeradas (Arthey *et al.*, 1992).

2.11.2. Importancia de la refrigeración de hortalizas

La venta de alimentos refrigerados como valor añadido va en aumento en muchos de los países más sofisticados de este mundo. Generalmente el sector de los alimentos refrigerados en dichos países es el que experimentan el crecimiento más rápido en la venta al detalle de alimentos. Las hortalizas refrigeradas pueden cumplir los criterios sensoriales de aspecto natural, sabor atrayente y textura deseable, que exigen los consumidores, mientras que las hortalizas transformadas por otras tecnologías, tales como congelados, enlatados y deshidratados, no suelen alcanzar uno o más de estos criterios. En segundo lugar, para el consumidor consiste de su salud, las hortalizas refrigeradas constituyen una fuente de vitaminas hidrosolubles y de carotenoides, y también una fuente en fibra. En tercer lugar, las mejoras experimentales por la tecnología de los alimentos refrigerados ha determinado la obtención de productos vegetales más atrayentes, prelavados, pelados, precortados, con un control sobre su corte y envasados, con mayor vida útil en comparación con la de hace unos pocos años (Arthey *et al.*, 1992)

2.11.3 Factores que determinan la vida útil de hortalizas almacenadas en refrigeración

Entre los factores que determinan la vida útil de hortalizas frescas almacenadas en refrigeración (-1 y 8 °C), se encuentran los siguientes:

- El tipo de alimento de que se trate y la variedad a cultivar.
- La parte anatómica del alimento en cuestión (las partes de crecimiento más rápido poseen una mayor actividad metabólica y su vida útil es más corta).
- Las condiciones del alimento durante su recolección (por ejemplo: heridas, contaminación microbiana, grado de maduración).
- Temperatura durante el transporte.
- Humedad relativa de la atmósfera de almacenamiento (ya que ella influye sobre las pérdidas por deshidratación)
- Tipo de Empaque (Fellows, 1994).

2.12 Almacenamiento en refrigeración del elote

Potter y Hotchkiss (1991), mencionan que el almacenamiento en refrigeración en general, es actualmente el método más usual de conservación de los alimentos; tiene pocos efectos adversos en el sabor, textura, valor nutritivo y otros atributos de los alimentos, siempre que se sigan unas simples reglas y los periodos no sean excesivamente largos, esto se aprecia claramente en algunas frutas y hortalizas que son metabólicamente activas: no solo generan calor por respiración, sino que transforman los metabolitos de una forma a otra, un ejemplo es la pérdida de dulzor del maíz dulce, ya que éste metaboliza su propio azúcar, incluso a 0 °C, con lo que su contenido se reduce en algo menos del 10 % al cabo de 24 horas y en 20 % al cabo de 4 días, sin embargo, a 20 °C estas pérdidas pueden ascender al 25 % en 24 horas y superar en mucho ésta cantidad en una tarde calurosa de verano. El maíz dulce común no se almacena por más de algunos días, debido al deterioro acelerado de calidad, aún a temperaturas ideales. Cuando es necesario el almacenamiento de corto plazo para una comercialización ordenada, el largo máximo debe ser de 7 días, lo que incluye el tiempo de transporte. El maíz súper dulce se ha almacenado a 0 °C por hasta 21 días obteniéndose una calidad de mercado aceptable. (Trevor, 2002)

2.12.1 Velocidad de refrigeración

El tiempo preciso para la refrigeración y los parámetros de temperatura en un tratamiento de alimentos es uno de los puntos críticos de control para asegurar la inocuidad. Una refrigeración rápida disminuye los riesgos de que se multipliquen microbios supervivientes, una refrigeración lenta puede provocar pérdidas de sabor y textura y alteración de otras cualidades, en comparación con las de un producto refrigerado con rapidez. Se asegura que en cualquier sistema existe un sistema sinérgico sobre la inhibición microbiana entre el proceso térmico y la rapidez de la refrigeración (Arthey, 1992).

2.12.2 Temperatura óptima de almacenamiento del elote

La temperatura óptima de almacenamiento del elote es de: 0 - 1.5 ° C (32 - 34 °F); 95-98% HR. Son esenciales para la conservación de la calidad del maíz dulce una remoción rápida del calor de campo y una refrigeración continua y apropiada. Por lo general, el maíz dulce se hidrogena y se empaca en hielo o se aplica una capa superior de hielo. Tras un enfriamiento completo y la aplicación de hielo, las temperaturas de almacenamiento y de tránsito se mantienen levemente superiores a 0 °C (32° F) para evitar el congelamiento de la capa de hielo y un "sellado" del recipiente, que reduciría una circulación apropiada de aire. Se debiera evitar el manejo recipientes grandes a menos que se provean aplicaciones generosas y uniformes de hielo (Trevor y Cantwell, 2002).

2.12.3 Tasa de Respiración del maíz dulce.

Los productos frescos respiran y transpiran mientras van cumpliendo con distintas etapas de su ciclo vital, las que generalmente comprenden a la maduración y a la senescencia. La disminución de la respiración se logra principalmente mediante el manejo de la temperatura donde se encuentra el producto, por medio de la refrigeración (Murría, 1997). Las principales reacciones que intervienen son las que acompañan a la respiración ya que cuando ésta es muy elevada como en el caso de algunas legumbres incluyendo el maíz dulce solo sobreviven y se conservan por poco tiempo. La respiración también desprende calor, que conviene eliminar pues un aumento de temperatura acelerará estos diversos fenómenos y por lo tanto el deterioro. La respiración del tejido vegetal después de la cosecha constituye un factor limitante en la conservación de frutas y legumbres en estado fresco, se sabe que la refrigeración permite

prolongar considerablemente el periodo de conservación, pero debe aplicarse bajo condiciones muy concretas ya que cada producto solo soporta sin alterarse una limitada zona de temperatura (Cheftel, 1992; Citado por Arthey, 1992).

Trevor y Cantwell, (2002) mencionan que a 0 °C la tasa de respiración para el maíz dulce es de 30-51 ml CO₂·kg·h, a 5 °C es de 43-83 ml CO₂·kg·h y a 20 °C 268-311 ml CO₂·kg·h y conforme aumenta la temperatura de almacenamiento, la tasa de respiración del maíz dulce aumenta drásticamente.

2.12.4 Tasa de producción de etileno del elote

Según Trevor y Cantwell (2002), la tasa de producción de etileno para elote fresco es de 0.1 µL/ kg·h a 20 °C (68°F). El etileno exógeno no se considera un factor importante en el manejo poscosecha del elote.

2.12.5 Efecto del almacenamiento frío sobre la calidad del elote

Una hortaliza no refrigerada generalmente se deteriora rápidamente y pronto tiene poco valor alimenticio para el hombre. Si las hortalizas son conservadas temporalmente en almacenamiento frío, los procesos vitales son retardados pero el resultado neto es un periodo mayor en el que el alimento es aceptable para que lo consuma el hombre (Desroiser, 1993). El almacenamiento por más de unos días para el maíz dulce tierno fresco causa la deterioración seria y la pérdida de calidad y dulzura; el contenido de azúcar, que en gran parte determina la calidad, decrece de una manera relativamente lenta a 0 °C (Appleman y Arthur, 1919; Citados por Risse *et al.*, 1990), por otra parte Evensen and Boyer, (1986) mencionan que el contenido de azúcar en granos de maíz dulce tierno es en general mas baja cuando el grano es almacenado a 10 °C que a 0 °C. Y el porcentaje de pérdida de azúcar es mayor cuando se almacena a 20 °C. Desrosier (1993), reportó perdidas de dulzura en maíz dulce tierno de 8.1% en elotes almacenados a 0 °C y 25.6 % para elotes almacenados a 20 °C durante 24 horas, a 48 horas de almacenamiento perdieron 14.5 % de dulzura a 0° C y 55 % de pérdida a 20 °C y por último a 96 horas de almacenamiento perdieron el 22.0 % a 0 °C y 62.1 % de dulzura a 20 °C.

2.13 Tratamiento para hortalizas mínimamente procesadas

Shewfelt (1992), ha definido el tratamiento mínimo como la manipulación, preparación, envasado y distribución de productos agrícolas en forma parecida al estado fresco. Esto incluye cualquier proceso que añade valor, aunque con una escasa participación de las técnicas tradicionales para la conservación de alimentos tales como conservación mediante calor, congelación y deshidratación. Las hortalizas sometidas a un tratamiento mínimo pueden dividirse en dos tipos: A) Aquellas que no reciben ningún tratamiento térmico, y B) las que reciben tratamiento térmico. En los productos de tipo A, las hortalizas se hallan en estado de producto fresco y, en consecuencia, pueden experimentar todos los cambios asociados con el almacenamiento derivados de la respiración de productos frescos. Estos cambios incluyen pérdidas de vitaminas y otros cambios fisiológicos, todos los cuales influyen sobre la calidad. Algunos de estos cambios pueden ser frenados más o menos y amplía, por consiguiente, la vida útil mediante la aplicación de un tratamiento apropiado. En los productos del tipo B, el tratamiento térmico suele ser el suficiente para inactivar los enzimas asociados con la respiración y otros factores que influyen sobre el acortamiento de la vida útil (Arthey *et al.*, 1992).

Para la conservación de los productos mínimamente procesados (PMP) se utilizan comúnmente 2 herramientas: La disminución de temperatura y la modificación de la atmósfera; el primer punto se logra por medio de la refrigeración mientras que el segundo con el uso de películas que presenten una difusibilidad específica a los gases de O₂ y CO₂, para la aplicación de éstos procesos es necesario determinar la temperatura óptima de almacenamiento y las atmósferas potencialmente para conservar su calidad; los PMP son empacados tanto en bolsas de películas plásticas como en bandejas de diversos tamaños y formas (Villegas, 2005).

Los PMP son más perecederos que los productos intactos debido a que están sujetos a estrés físico severo, causado por las operaciones unitarias de pelar y cortar con la consecuente remoción de las células epidérmicas protectoras. En consecuencia los PMP deben de conservarse a temperaturas más bajas que las recomendadas para los productos intactos aunque 0 °C es la temperatura deseada para estos productos, a nivel comercial, la mayoría son almacenadas a 5 °C incluso hasta 10 °C (Watada *et al.*, 1996).

El maíz dulce (elote) no es sensible a lesiones por frío y así, sus temperaturas de almacenamiento pueden reducirse a tan bajo como 0 °C con humedad relativa de 90 a 98 % (Turk, 2001).

2.13.1 Efectos de Atmósferas controladas (AC) y en atmósfera modificada (AM).

Almacenamiento o embarque en atmósferas controladas o modificadas beneficia en forma moderada la conservación de la calidad en maíz dulce. Niveles bajos de O₂ (3%) y elevados de CO₂ (10%) producen un retraso en la pérdida de contenido de sacarosa y conservan la apariencia de las mazorcas. Una AC a 5 ° C (41 ° F) es mejor que el almacenamiento bajo condiciones normales, pero el contenido de azúcar no se retiene como a 0 ° C (32 ° F). El maíz dulce no tolera niveles bajos de O₂ (2%) o altos de CO₂ (mayor o igual a 20%) (Trevor y Cantwell, 2002).

Dentro de los empaques sellados, una micro atmósfera se desarrolla saturada de agua y cantidad elevada de CO₂ y reducidas concentraciones de O₂. Es conocido que ambos de estos cambios en la composición de gas atmosférico son beneficiosos para prolongar la vida postcosecha de frutas y verduras (Brecht, 1980; Kader, 1980; Citado por Deák, 1987).

En estudios realizados en maíz dulce fresco envuelto, refrigerado e irradiado, Déak, (1987) reportó que la atmósfera interna de maíz tierno envuelto es en gran parte el resultado de dos procesos, la respiración continuada de la planta y el intercambio de gas por la película de empaque. El equilibrio dinámico no puede ser controlado con exactitud y durante el almacenamiento prolongado los cambios espontáneos de la composición de gas atmosférico ocurren, la puesta en práctica de películas con las propiedades de permeabilidad selectas podría influir en éstos cambios en teoría, concluyó que el empaquetado en plástico prolonga el tiempo de caducidad de maíz tierno guardado en las temperaturas de refrigeración, la irradiación antes del almacenamiento resulta en una vida de estante ni siquiera más larga, la práctica del empaquetado en plástico brinda el potencial para mantener la calidad de verduras aparte del maíz tierno, sin embargo no se encontraron cambios significativos entre los efectos de dos diferentes tipos de películas utilizadas con propiedades de permeabilidad de O₂ selectas.

2.13.2 Envasado al vacío y en películas de polietileno.

El método más simple y más común de modificar la atmósfera interna de un envase es el envasado al vacío: El producto se coloca en un envase formado con film de baja permeabilidad al oxígeno, se elimina el aire y se cierra el envase. El envase sin aire, se pliega (colapsa) alrededor del producto, puesto que la presión interna es muy inferior a la atmosférica (Parry, 2003).

El empaquetado en plástico disminuye significativamente la velocidad de deterioro resultante de la pérdida de humedad. La envoltura casi elimina la reducción de los granos de elote y reduce notablemente los cambios asociados con la senescencia. Además de prevenir la pérdida de agua, el empaquetado en plástico modifica la atmósfera que rodea al grano (Déak, 1987).

Los productos envueltos por película plástica tienen una vida de estante prolongada de varias semanas incluso, a temperatura ambiente (Ben Yehoshua *et al.*, 1982; Anzueto y Rizvi, 1985; Citados por Deák, 1987).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Características de la Región.

El municipio de Acaxochitlán, Hidalgo, el cual se encuentra a 69 Km. de distancia de la capital del estado de Hidalgo, México a 20°10' latitud norte y 98° 12' latitud oeste tiene una altura de 2,260 msnm, colinda al norte, este y sur con el estado de Puebla y el Municipio de Cuauhtepic de Hinojosa; al oeste con los Municipios de Tulancingo de Bravo y Metepec. El Municipio cuenta con una superficie de 226.10 km², representa el 1.08 % de la superficie total del estado. Presenta una gran diversidad de clima, sin embargo, el que prevalece es el templado húmedo con abundantes lluvias en verano. Está ubicado en el Eje Neovolcánico, formado la mayor parte por sierra. Su temperatura media anual se encuentra en los 15°C, y su precipitación pluvial es de 1,000 a 2,000 mm.

La fundación del municipio se les atribuye a los españoles, aunque se encontraba habitado ya por grupos indígenas otomíes y tepehuas, quienes todavía se localizan ahí (Municipios de México, 1987).

3.2 Descripción de la materia prima.

Se cosecharon cuatro tipos de elotes criollos, clasificados por color; amarillo, blanco, azul y rojo con un índice de madurez horticultural para utilizar los granos en estado lechoso provenientes de la región Otomí- Tepehua de Acaxochitlán, Estado de Hidalgo.

3.2.1 Establecimiento del experimento.

El experimento se llevó a cabo en laboratorios del Centro de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de los Alimentos (CICyTA) de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, en Tulancingo, Hidalgo, México. Una vez cosechados los elotes se depositaron en bolsas de nylon y se trasladaron al (CICyTA), en donde se introdujeron en una cámara de refrigeración para eliminar el calor del campo, posteriormente se le desprendieron manualmente las brácteas y los estigmas, se seleccionaron por color y se eliminaron aquellos que presentaron granos podridos y daños mecánicos, así mismo se procedió a realizar las mediciones físicas, y se desgranaron con ayuda de un cuchillo con la finalidad de realizar las determinaciones físico-químicas y así mismo para las siguientes evaluaciones se envasaron 200 g. en charolas

de unigel con una película plástica de poliolefina y 200 g. en bolsas de polietileno (Coex 230x300/200-5c) al vacío al 85 %, por medio de una empacadora (VC999), y se almacenaron a una temperatura de 5 ± 1 °C con el fin de realizar las determinaciones correspondientes.

Experimento uno: Caracterización fisicoquímica de tipos de elotes criollos de color

En el experimento uno, para el diseño de tratamientos se asignaron de acuerdo al color del grano del elote quedando de la siguiente forma: T₁ amarillo, T₂ blanco, T₃ azul y T₄ rojo para la evaluación de las variables siguientes: longitud, grosor, número de hileras de granos en elote, número de granos por hilera en elote, se realizaron en elotes, longitud, grosor, peso, humedad, cenizas, sólidos solubles totales, acidez titulable, proteína, fibra, grasa, índice de color, azúcares totales, azúcares reductores y almidón en granos.

Experimento dos: Almacenamiento de granos de tipos de elotes criollos de color

En el experimento dos se evaluó la influencia del tiempo de almacenamiento en la calidad final del grano de elote almacenado a 5 ± 1 °C, durante 0 días (inicial), 10, 20 y 30 días de refrigeración, de los criollos amarillo, blanco y azul empacados en charolas de unigel con película plástica de poliolefina y en bolsas de polietileno con 85 % al vacío, los tratamientos se asignaron de acuerdo al tipo de empaque y color quedando distribuidos así: T₁ charolas con película plástica con grano amarillo, T₂ charolas con película plástica con grano blanco, T₃ charolas con película plástica con grano azul, T₄ bolsa de polietileno al 85 % al vacío con grano amarillo, T₅ bolsa de polietileno al 85 % al vacío con grano blanco y T₆ bolsa de polietileno al 85 % al vacío con grano azul, se evaluaron las variables pérdida de peso, acidez titulable, sólidos solubles totales, índice color, azúcares totales, azúcares reductores, almidón y etanol.

3.3 Variables de estudio

Longitud del elote (cm)

Se tomó el elote y se midió de la parte abacial del elote hasta llegar a la parte apical con un flexo metro.

Grosor del elote (cm)

Se tomó el elote y se midió en la parte media del mismo utilizando el vernier digital marca Mitutoyo CD-6 CS (Miyutoyo corp., Japón).

Número de hileras de granos en elote

Se tomó el elote, se partió y se utilizo la mitad de la base para realizar el conteo de las hileras de la mazorca auxiliándonos de un marcador.

Número de granos por hilera en elote

Se tomó el elote y se realizó el conteo por hilera, auxiliándose de un marcador.

Longitud del grano (mm)

Se tomó el grano de la parte central del elote y se midió del pedúnculo hasta la parte superior del grano con un vernier digital marca Mitutoyo CD-6 CS (Miyutoyo corp., Japón).

Grosor del grano (mm)

Se tomó de la parte central del elote el grano al azar y se midió de la parte media del grano, con un vernier digital marca Mitutoyo CD-6 CS (Miyutoyo corp., Japón).

Peso del grano (g)

Se tomaron tres elotes, se les desprendieron las brácteas y los estigmas, se desgranaron con cuchillo, y se peso el grano en una balanza digital marca Okaus Scout Pro de 200 g.

Humedad

Por el método 925.10, AOAC, (1990). Se pusieron a peso constante las charolas de aluminio en la estufa a 130 ± 3 °C de 2 a 4 horas, se adicionaron de 2-3 g de muestra se introdujo a la estufa a 130 °C por una hora. Se retiraron las charolas de la estufa y se colocaron en el desecador para enfriar a temperatura ambiente. Posteriormente se pesaron las muestras en la balanza analítica. Los cálculos de la Humedad se realizaron con la fórmula siguiente:

$$\% \text{ Humedad} = (P_1 - P_2) * 100 / (m)$$

Donde:

P₁ = peso de la charola con muestra antes de secada (g).

P₂ = peso de la charola con muestra después de secada (g).

m = peso de la muestra (g).

Cenizas

Por el Método 923.03, AOAC, (1990). Se pusieron a peso constante los crisoles, los cuales se colocaron en la mufla a temperatura de 900 ° C por una hora, marcados con lápiz. Al crisol se le colocaron 2.5 g de muestra homogénea aproximadamente, se pusieron a carbonizar en la parrilla de calentamiento bajo una campana de extracción, cuando ya no se presentó desprendimiento de humo blanco se introdujeron los crisoles a la mufla a 525 °C por 4 horas. Se sacaron los crisoles y se metieron al desecador realizándose la pesada en balanza analítica. Los cálculos se realizaron con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Cenizas} = (P_1 - P_2) * 100 / (m)$$

Donde:

P₁ = Peso del crisol con muestra después de la incineración (g).

P₂ = Peso del crisol vacío a peso constante (g).

m = Peso de la muestra (g).

Acidez titulable

Se determinó por el Método 942.15 del A.O.A.C. (1997). Se pesaron 10 g de muestra de grano de elote, se molieron con 50 ml de agua destilada en una licuadora manual Ultra blend, marca Rival, modelo 113954; se filtraron y se registró el volumen, se tomó una alícuota de 10 ml de la solución obtenida y se agregaron tres gotas de fenoftaleína como indicador y se titularon con hidróxido de sodio 0.1 N. Los resultados se expresaron en % del ácido predominante/100 ml. Los resultados se obtuvieron mediante la fórmula:

$$\text{Acidez (g/l)} = (V * N * \text{meq} * 1000) / (m * a)$$

Donde:

V = Mililitros de hidróxido de sodio empleados.

N = Normalidad del hidróxido de sodio.

meq = Mili equivalentes del ácido predominante.

m = Muestra g.

a = Alícuota ml.

Sólidos solubles Totales

Por el método 932.12 de la A.O.A.C. (1990). Se utilizó un refractómetro digital "ATAGO" tomando alícuotas de los granos de elote en estado lechoso y se determinaron directamente los grados ° Brix en el refractómetro previamente calibrado con agua destilada a temperatura constante (20 °C). Los resultados se expresaron como % de ° Brix.

Proteína.

Por el Método 955.04, A.O.A.C (1990) Para la Digestión: Se pesaron entre 0.2-0.3 g de muestra en un pequeño matraz de digestión. Se añadió 3.7 g de mezcla catalizadora y 10 ml de ácido sulfúrico concentrado. Se digirió la mezcla, calentándola suavemente durante 5 minutos y después fuertemente durante otros 45 minutos. Se calentó hasta su completa oxidación, punto hasta donde la mezcla formó una solución clara transparente, utilizando un digestor marca Buchi modelo B-426 y un Lavador de gases marca Buchi Scrubber modelo B-414.

Terminada la digestión se dejó enfriar el matrás en una campana para extracción de gases, se diluyó la mezcla con 50 ml de agua destilada y 20 ml de NaOH al 40 % a la temperatura ambiente.

Para la destilación: Se pasó vapor por el destilador marca Buchi modelo B-316. Se pusieron 10 ml de disolución de ácido bórico al 2 % y 3-4 gotas de indicador rojo de metilo en el matraz colector de 250 ml. Se colectaron de 80 a 100 ml. Una vez destilada la solución se tituló con ácido clorhídrico al 0.1 N hasta el vire tomando la lectura de los mililitros gastados, con el extremo del tubo de condensación por debajo de la superficie del ácido bórico. Los cálculos de proteína se realizaron con las siguientes fórmulas:

$$\% \text{ de Nitrógeno} = (V * N * \text{meq} * 100) / (m)$$

Donde:

V = Mililitros de ácido clorhídrico gastados en la titulación.

N = Normalidad de la solución valorada de HCl.

m = Peso de la muestra (g).

meq = Miliequivalentes del nitrógeno, 0.014 g.

Considerando el factor para las harinas o cereales se obtuvo el porcentaje de Proteína con los siguientes cálculos:

$$\% \text{ de Proteína} = \% \text{ de Nitrógeno} \times \text{factor}$$

Donde: Factor harinas o cereales = 5.7

Fibra cruda

Mediante el Método 962.09, AOAC, (1990). Se pesaron aproximadamente 3 - 5 g de muestra de grano desengrasado y seco sobre un vaso de Berzelius. A continuación se le adicionó 200 ml de H₂SO₄ 0.255 N al 1.25 % (m / v) que esté hirviendo y unas gotas de antiespumante e inmediatamente, se colocó en el aparato de determinación de fibra marca LABCONCO, modelo LAC300001-00 previamente caliente, se dejó digerir por espacio de 30 minutos, después se vació el contenido sobre un embudo buchner, al cual se le colocó un filtro de lino y se realizó la filtración, se lavó el residuo con 50-75 ml de agua destilada caliente, se repitió con tres operaciones de 50 ml de agua hasta eliminar el ácido, una vez eliminado el residuo se transfirió al vaso Berzelius, se le adicionaron unas gotas de antiespumante y 200 ml de NaOH 0.313 N al 1.25% (m /v) que estaba hirviendo y se mantuvo en el aparato de digestión por 30 minutos. Transcurrido el tiempo se vació nuevamente al embudo buchner, al cual se le colocó un filtro de lino y se filtró, lavando el residuo con 25 ml de H₂SO₄ al 1.25% hirviendo y tres porciones de 50 ml de agua caliente, hasta eliminar el álcali y también quitar las perlas de vidrio lavándolas con agua para recuperar el material adherido. Por último se adicionó al residuo 25 ml de alcohol etílico. El residuo se pesó en un crisol de porcelana a peso constante. Se colocó en la estufa para secado a 130 ± 2 °C durante 2 horas. Se enfrió en el desecador y se pesó. A continuación se carbonizó y se introdujo en la mufla para su incineración a 600 ± 15

°C por 30 minutos. Se enfrió en el desecador y se volvió a pesar. Los cálculos de proteína se realizaron con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Fibra} = (P_1 - P_2) * 100 / (m)$$

Donde:

P₁ = Peso del crisol con el residuo (g).

P₂ = Peso del crisol con residuo calcinado (g).

m = Peso de la muestra seca más la grasa (g).

Grasas

Por el Método 920.39, AOAC, (1990). Se colocó dentro de un cartucho de celulosa de 3-5 g de la muestra previamente secada, se tapó con un pedazo de algodón y se colocó en el compartimiento de extracción del equipo tipo Soxhlet Buchi. Se puso un matríz receptor a peso constante que contenía unas perlas de ebullición para controlar la ebullición. Se le adicionó al matríz 175 ml de éter etílico anhidro. A continuación se le dio un calentamiento moderado para permitir la extracción de 4 a 16 horas. Se secó el extracto etéreo por 30 minutos a 100 °C en la estufa. Se enfrió y se pesó. El contenido de grasa se obtuvo mediante los siguientes cálculos:

$$\% \text{ Grasa} = (P_1 - P_2) * 100 / (m)$$

Donde:

P₁ = peso del matríz después de la extracción (g).

P₂ = peso del matríz antes de la extracción (g).

m = peso de la muestra (g).

Índice de Color

Se determinó utilizando el colorímetro Minolta CM 508 D, con iluminante C y observador a 10°. Se registraron los valores de L*, a* y b*. En el espacio de color CIE 1976 (L*, a*, y b*), o CIELAB, el coeficiente de luminosidad L, tiene un intervalo de negro = 0 a blanco igual =

100. Las coordenadas (a^* , b^*) localizan el color sobre la coordenada rectangular perpendicular a L^* . El color en el origen ($a^*=0$, $b^*=0$) es acromático (gris). Sobre el eje horizontal X, a^* positivo indica las tonalidades de rojo y a^* negativo, las tonalidades de verde. Sobre el eje vertical, b^* positivo indica amarillo y b^* negativo indica azul (McGuire, 1992).

Azúcares totales

Mediante el método descrito por Witham *et al.*, (1971). Los granos de elote se hirvieron con 20 ml de etanol al 80 % por ocho minutos, se filtró y se le adicionaron nuevamente 20 ml de etanol al 80 % se hirvió por ocho minutos y se filtró nuevamente, los dos extractos obtenidos se depositaron en un mismo recipiente formando la solución madre, se almacenaron los extractos en refrigeración hasta su análisis.

De la solución madre que se formó para la determinación de azúcares totales y reductores, se tomó 1 ml para cada muestra y se evaporó en baño maría enseguida se le agregaron 50 ml de agua destilada, se tomó 1 ml de la solución anterior y se colocó en un tubo de ensayo por triplicado, ajustando a 3 ml con agua destilada. Posteriormente a cada tubo se le agregaron con una bureta 6 ml de reactivo de antrona (0.4 g de antrona Meyer disuelta en 100 ml de ácido sulfúrico concentrado) y se mantuvieron en agua fría para disminuir la temperatura de la reacción. Posteriormente los tubos de ensayo se colocaron en baño maría hirviendo por 3 minutos, pasado éste tiempo se sumergieron en agua fría y después se tomó la absorbancia a 600 nm en un espectrofotómetro Spectronic Genesys 5.

Para el blanco se pusieron 3 ml de agua destilada y se siguió el mismo procedimiento que para las muestras. Para la curva patrón se pesaron 15 mg de glucosa y se hizo una disolución en 100 ml de agua destilada, de ésta solución se tomaron 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 y 1.0 ml, se ajustaron a 3 ml con agua destilada y se les dio el mismo procedimiento que a las muestras.

La concentración de azúcares se estimó a partir del modelo de regresión originado de la curva patrón obtenida con concentraciones conocidas de glucosa.

Azúcares reductores

Por el método colorimétrico de Nelson (1944) y Somogy (1952). De la solución madre que se formó para la determinación de azúcares totales se tomó 1 ml y se colocó en un frasco para su evaporación en baño maría, a éste se le agregaron 25 ml de agua destilada, posteriormente se

tomó 1 ml y se vació en tubos de ensaye por triplicado, se le agregó a cada tubo 1 ml de reactivo de cobre (preparado con la solución I y II en relación 4:1), se calentó en baño maría por 10 minutos a 85 ° C, se enfrió y se agregó a cada tubo 1 ml de arsenomolibdato, se agitó en vortex, se dejó reposar 30 min., en la oscuridad, enseguida se tomó la absorbancia de cada una de las muestras a 565 nm en el espectrofotómetro Spectronic Genesys 5. Para el blanco se puso 1 ml de agua destilada y se le dio el mismo manejo que a las muestras.

Para la curva patrón se pesaron 15 mg de glucosa y se hizo una disolución en 100 ml de agua destilada, de aquí se tomaron 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 y 1.0 ml y se llevaron a 1 ml con agua destilada y se le agregaron los reactivos como a las muestras evaluadas.

Almidón

Por el método Ortega y Rodríguez (1979). Se utilizaron 5 g de muestra del residuo obtenido de los extractos utilizados en la determinación de azúcares totales, los cuales se mantuvieron refrigerados en viales hasta su análisis, se suspendieron en 50 ml de agua destilada, se calentaron a 100 ° C durante 20 minutos; después se dejaron enfriar hasta 55 ° C para añadir 10 ml de diastasa al 1 % (Merk). Se incubaron en baño María a 55 ° C por 30 min. En esta etapa se realizó la prueba de yodo (lugol) (pérdida de color violeta cuando se aplica yodo) para comprobar que no exista más almidón. La solución obtenida se filtró, se registró el volumen y se tomó una alícuota de 10 ml a la que se le agregó 5 ml de ácido clorhídrico 1.125 N, se colocó ésta nueva solución en baño maría a 55 ° C por 2 ½ horas; luego con NaOH al 50 % se ajustó el pH a 8, se registró el volumen alcanzado y a partir de ésta solución, por el método de antrona, se procedió a tomar la concentración de azúcares (glucosa) liberadas por la hidrólisis del almidón.

Los valores de glucosa obtenidos por muestra se multiplicaron por el factor 0.9 para obtener el valor correspondiente al de almidón (Ortega y Rodríguez, 1979). Los valores del almidón son obtenidos en porcentaje, para hacer más clara la interpretación con respecto al contenido de carbohidratos los porcentajes de almidón fueron presentados en mg g⁻¹ de peso fresco de grano de elote.

Etanol

Por el método Davis y Chace (1969). Se tomaron tres extractos de grano por tratamiento y se colocaron 5 ml de cada extracto en un vial y se sellaron; posteriormente se incubaron a baño maría a 30° C por 10 minutos. Una vez salidos de la incubadora se agitaron 5 segundos en vibrador para tubos. Finalmente se tomó 1 ml del espacio libre del vial y se inyectó en el cromatógrafo de gases marca Perkin Elmer Instruments Autosystem XL.

Las condiciones de operación del cromatógrafo para la determinación de ambos volátiles fueron : Columna Chrompack capillary Varian, length 25 m, I.D. 0.25 mm, 150 °C de temperatura en el inyector, 145 °C en la columna y 150 °C en el detector, así como uso del detector de ionización de flama.

El tiempo de retención, de acuerdo a las condiciones de operación descritas, fue de 3.75 minutos para acetaldehído y 3.09 minutos para etanol. Los resultados se obtuvieron mediante las fórmulas:

$$\text{Acetaldehído} = (\text{Área muestra} * \text{Concentración acetaldehído}) / (\text{Área estándar acetaldehído})$$

$$\text{Etanol} = (\text{Área muestra} * \text{Concentración etanol}) / (\text{Área estándar etanol})$$

Pérdidas de peso

Se midieron los cambios de peso que experimentaron los granos de elote durante el periodo de almacenamiento. Para esto se utilizaron una balanza digital modelo Ranger Okaus. La pérdida de peso se reportó como un porcentaje de pérdidas acumuladas respecto al peso inicial de los granos de elote. Los resultados se obtuvieron mediante la fórmula:

$$\% \text{ Pérdida de peso} = (P_i - P_{pi}) * 100 / (P_i)$$

Donde:

P_i = Peso inicial (g).

P_{pi} = Peso al periodo indicado (g).

3.4 Análisis de resultados

Para el análisis de resultados de los dos experimentos se utilizó el programa estadístico SAS, el diseño completamente al azar. Se realizó el análisis de varianza y la prueba de comparación múltiple de Tukey con una $p \leq 0.05$.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Experimento 1. Caracterización fisicoquímica de tipos de elotes criollos de color.

Longitud de elote (cm.)

No se observaron diferencias estadísticas significativas en longitud de elote en el tipo criollo amarillo, blanco, azul y rojo, sin embargo hay que resaltar que el criollo azul presentó la mayor longitud con 19.0 cm., (Cuadro 3). Al respecto, Arreguín (2002) reportó en elotes criollos de color morado provenientes de los estados de Jalisco, Michoacán y Guanajuato valores que van de 18.0 cm. a 19.6 cm. de longitud de elote, valores que coinciden con los criollos blanco y azul. Por otra parte Lozada (2005) encontró en elotes criollos blancos del Sureste del Estado de Hidalgo valores de 12.11 a 17.72 cm. de longitud, siendo menores que los encontrados en este trabajo de investigación, excepto para el criollo amarillo que presentó una longitud de 16.8 cm.

Grosor de elote (cm.)

Se observaron diferencias estadísticas significativas en el grosor de elote criollo rojo que presentó el mayor valor con 5.9 cm., respecto al amarillo, blanco y negro (Cuadro 3). Al respecto, Lozada (2004) encontró en elotes criollos blancos de siete municipios del Sureste del Estado de Hidalgo, valores que oscilan entre 3.76 a 4.83 cm., y por otra parte Arreguín (2002) encontró valores que van de 4.4 a 5.8 cm., en elotes criollos de color morado provenientes de los estados de Jalisco, Michoacán y Guanajuato, datos que concuerdan a los reportados en este trabajo.

Número de hileras de granos en elote

Se observaron diferencias estadísticas significativas en el número de hileras de grano en elote en los criollos de color, observando el mayor número de hileras en el criollo amarillo y blanco con 20 y 21 respectivamente, siguiendo el rojo con 19 y con 15 (Cuadro 3). Lozada (2004) reportó valores que oscilan entre 10.3 y 21.3 hileras de granos en elote en criollos blancos de siete municipios del Sureste del Estado de Hidalgo., el segundo dato coincide con el encontrado en el criollo blanco. Otros valores reportados por Arreguín (2002) van de 9.2 a

10.7 hileras de granos en elotes criollos morados de Jalisco, Michoacán y Guanajuato valores que son menores a los encontrados en criollos de la región Otomí-Tepéhua del Estado de Hidalgo.

Cuadro 3. Características distintivas de elotes criollos de color de la región Otomí-Tepéhua del municipio de Acaxochitlán, Hgo.

Criollos	Longitud elote (cm.)	Grosor elote (cm.)	Hileras de granos en elote (No.)	Granos por Hilera en elote (No.)
Amarillo	16.8 a	4.2 b	20.0 a	28.0 b
Blanco	18.0 a	4.5 b	21.3 a	38.0 a
Azul	19.0 a	4.3 b	15.3 b	34.3 a
Rojo	17.5 a	5.9 a	19.0 ab	34.7 a
DMS	2.56	1.137	4.65	4.27

^zvalores con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $p \leq 0.05$. DMS; Diferencia mínima significativa.

Número de granos por hilera en elote

Se observaron diferencias estadísticas significativas en el número de granos por hilera en elote, presentando el menor número de granos por hilera el criollo amarillo con 28, respecto al criollo blanco, azul y rojo que obtuvieron valores mayores con 38, 34.7 y 34.3 respectivamente (Cuadro 3). Los datos de los tres criollos de color mencionados anteriormente coinciden con los reportados por Arreguin (2002) en elotes criollos morados de Jalisco, Michoacán y Guanajuato que oscilan entre 31 a 35 granos por hilera en elote.

Longitud de Grano (mm)

No se observaron diferencias estadísticas significativas de longitud de grano en los cuatro tipos de elotes criollos de color, sin embargo hay que resaltar que el criollo azul presentó el mayor valor con 12.8 mm y el rojo el inferior con 11.8 mm en longitud de grano (Cuadro 4). Estos valores están dentro de lo reportado por Figueroa *et al.*, (2003) quienes encontraron datos de longitud de grano de 10.15 mm a 16.25 mm en razas cónico Chalqueño y Celaya. Así

mismo en otro estudio realizado por Ramírez, (2000) en Techamachalco, Puebla y el valle del Mezquital, Hgo., reporto valores semejantes de longitud de grano entre 10.2 mm a 15 mm.

Cuadro 4. Características distintivas de granos de elotes criollos de color de la región Otomí-Tepehua del municipio de Acaxochitlan, Hgo.

Criollos	Longitud grano (mm)	Grosor grano (mm)	Peso grano (g)
Amarillo	12.5 a	6.4 c	90.6 b
Blanco	12.4 a	5.9 c	90.8 b
Azul	12.8 a	7.2 b	106.9 a
Rojo	11.8 a	8.3 a	98.8 ab
DMS	1.81	0.61	10.49

²Valores con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $p \leq 0.05$. DMS; Diferencia mínima significativa.

Grosor del grano (mm)

Se observaron diferencias estadísticas significativas en el grosor de grano en los cuatro tipos de elotes criollos de color. El criollo rojo presentó el valor más alto en grosor de grano con 8.3 mm, siguiendo el azul con 7.2 mm, y por ultimo el criollo amarillo y blanco presentaron datos menores con 6.4 y 5.9 mm., (Cuadro 4). Figueroa *et al.*, (2003) reportaron valores de grosor de grano de 6.40 mm a 9.70 mm., valores que son semejantes a los encontrados en este trabajo. En otro estudio realizado con maíces cultivados en Techamachalco, Puebla, y el Valle del Mezquital, Hidalgo, Ramírez, (2000) encontró valores de grosor de grano de 0.74 mm a 10.33 mm, valores más altos a los encontrados en este trabajo y a los reportados por Figueroa (2003).

Peso grano (g)

Se observaron diferencias estadísticas significativas en el peso de grano de elotes criollos de color, el criollo azul presentó el valor más alto en peso de grano con 106.9 g, con respecto al criollo rojo, amarillo y blanco que presentaron valores de 98.8, 90.6, 90.8 g., respectivamente.

Humedad (%)

Se observaron diferencias estadísticas significativas en el contenido de humedad en los tipos de elotes criollos de color. El elote criollo rojo presentó el mayor porcentaje de humedad con 28.7 %, siguiendo el blanco y azul en los cuales se observó valores similares de 25.6 y 25.9 % respectivamente, por último el criollo amarillo presentó el menor valor con 22.4 % de humedad (Cuadro 5). Fan *et al.*, (1965); Citado por Desrosier, (1978) reportaron valores de 10.10 y 16.7 % de humedad en maíz dulce, estos valores están muy por debajo a los encontrados en este trabajo, ya que el menor de los cuatro criollos presentó un valor de 22.4 % de humedad. Por lo anterior se puede decir que el criollo rojo al presentar un mayor porcentaje de humedad presentó una mayor turgencia en el grano.

Cenizas (%)

Se observaron diferencias estadísticas significativas en el contenido de cenizas en los tipos de elotes criollos de color. Sin embargo hay que resaltar que el criollo blanco presentó mayor porcentaje de cenizas con 1.02, con respecto a los criollos azul, amarillo y rojo con porcentajes de 0.95, 0.87 y 0.86 respectivamente, presentando valores similares los dos últimos (Cuadro 5). Primo, (1997); Citado por Callejo, (2002) reportó en granos criollos valores de 1.4 % de cenizas valor ligeramente superior a los reportados en este trabajo. Por otra parte Mertz (1992), presentó valores de 0.7 % de cenizas en elote amarillo, valor cercano a los reportados en los elotes criollos bajo estudio, al respecto Callejo *et al.*, (2002) mencionan que de entre todos los minerales en granos de cereales, destaca la presencia de potasio (23-27 % sobre cenizas) y de fósforo (20-25 % sobre cenizas) que constituyen el 50 % de las materias minerales.

Acidez titulable (%)

Se encontraron diferencias estadísticas significativas en el porcentaje de acidez en los cuatro tipos de elotes criollos de color. El porcentaje de acidez titulable más bajo se observa en el criollo azul con 0.86 % y el contenido mayor se observó en el criollo blanco con 0.96 % (Cuadro 5). Camacho *et al.*, (2001) quienes encontraron en tres híbridos de elote súper dulce valores de 0.36, 0.27 y 0.23 % de acidez en Krispy King, Victor y 324 respectivamente, por otra parte Ramírez *et al.*, (2004) reportaron en tres híbridos de elote súper dulce del grupo

shurken (sh 2) 2038, 2010 y 2004 valores de 0.12, 0.16 y 0.16 % de acidez respectivamente. Todos los valores mencionados con anterioridad están por debajo de los encontrados en los criollos bajo estudio, esto se debe a que las variedades antes mencionadas por los siguientes investigadores son híbridos de maíz súper dulce con el gen *shurken (sh 2)*.

Cuadro 5. Porcentaje de humedad, cenizas, acidez titulable, sólidos solubles totales, proteína, fibra y grasa en granos de elotes criollos de color de la región Otomí-Tepesua del municipio de Acaxochitlan, Hgo.

Criollos	Humedad (%)	Cenizas (%)	Acidez titulable (%)	Sólidos Solubles Totales (%)	Proteína (%)	Fibra (%)	Grasa (%)
Amarillo	22.4 c	0.87 c	0.91 ab	7.4 a	7.60 b	0.83 a	1.43 b
Blanco	25.6 b	1.02 a	0.96 a	7.5 a	9.34 a	0.77 ab	1.68 a
Azul	25.9 b	0.95 b	0.86 b	5.8 b	8.77 a	0.57 c	1.52 ab
Rojo	28.7 a	0.86 c	0.91 ab	7.3 a	9.37 a	0.67 bc	0.95 c
DMS	0.96	0.02	0.05	0.35	0.81	0.14	0.19

²Valores con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $p \leq 0.05$. DMS; Diferencia mínima significativa.

Sólidos solubles totales

Se observaron diferencias estadísticas significativas en el contenido de sólidos solubles totales en los tipos de elotes criollos de color. Observándose el mayor contenido de sólidos solubles totales en los criollos blanco, amarillo y rojo con valores de 7.5, 7.4 y 7.3 % respectivamente, siendo muy similares entre sí al presentar un ligero decremento de 0.1 %. Por otro lado el criollo azul presentó el menor valor de sólidos solubles con 5.8 % teniendo un decremento de 1.5 % con respecto a los demás criollos de color (Cuadro 5). Spalding *et al.*, (1978) encontraron en los híbridos de elote súper dulce Iobelle y Florida una concentración de sólidos solubles totales de 20.9 y 16 % respectivamente. En otro estudio realizado por Ramírez *et al.*, (2004) en tres híbridos de elote dulce (*su*) mejorado genéticamente 2038, 2010 y 2004 encontraron valores de 26.92, 28.75 y 27.85 % de sólidos solubles respectivamente.

Los valores citados anteriormente varían respecto a los valores reportados en los criollos de la región Otomí-Tepesua de Acaxochitlan, Hgo., debido a que son maíces híbridos mejorados genéticamente que de acuerdo con Zhu, (1992) los híbridos de maíz dulce del genotipo (*su*),

por lo general presentan valores de sólidos solubles altos, debido al alto contenido de polisacáridos solubles en agua, tales como el fitoglicógeno, que incrementa los °Brix.

Proteína

Se observaron diferencias estadísticas significativas en el contenido de proteína en los cuatro tipos de elotes criollos de color, ya que los contenidos de proteína más altos se encontraron en los tipos de elotes criollo rojo, blanco y negro con 9.37, 9.34 y 8.77 % respectivamente, sin embargo el criollo amarillo presentó el valor más bajo con 7.60 % de proteína (Cuadro 5). Al respecto Fan *et al*, (1965); Citado por Desrosier, (1978) reportaron en elotes criollos un valor de 10.88 % y Mertz, (1992) reportó un valor de 3.7 % de proteína en elote amarillo, valores variables respecto a los encontrados en los tipos de elotes criollos analizados en este trabajo, esto puede ser debido a que el contenido de proteína difiere de acuerdo a las condiciones del cultivo ya que el exceso de nitrógeno después de la floración conduce a aumentar la riqueza proteica, incluso otros factores ambientales como la sequía, heladas o enfermedades en el último periodo de fructificación puede dar como resultado mayor concentración de proteína, además hay algunas variedades que producen persistentemente granos con mayor riqueza proteica (Hoseney, 1991).

Fibra cruda

Se observaron diferencias estadísticas significativas en el contenido de fibra cruda en los tipos de elotes criollos de color. En lo que respecta al contenido de fibra el criollo amarillo presentó el mayor porcentaje con 0.83 %, siguiéndole criollo blanco con 0.77 % y los que presentaron el menor porcentaje con respecto a los otros criollos mencionados fueron el criollo rojo y azul con valores de 0.67 y 0.57 % respectivamente (Cuadro 5). Mertz (1992), observó valores de fibra en elote amarillo de 0.8 valor cercano a los presentados en los tipos de elotes criollos bajo estudio, al respecto Poey, (1978) menciona que el contenido de fibra está relacionado con el grosor del pericarpio que es de difícil digestión y poco valor nutritivo por estar constituido principalmente de celulosa, por otra parte Kent (1992), sugiere que la celulosa y hemicelulosa (pentosanas), son los constituyentes de la pared celular de los granos de cereal y junto con la lignina constituyen el grueso de la fibra cruda lo cual indica que al presentar menor contenido

de fibra los criollos rojo y azul, presentan menor grosor del pericarpio y por lo tanto menor dureza en los granos del elote.

Grasa

Se observaron diferencias estadísticas significativas en el contenido de grasa en los tipos de elotes criollos de color, ya que el criollo blanco y azul presentaron los mayores contenidos de grasa con 1.68 y 1.52 % con respecto a los criollos de color amarillo y blanco que presentaron los contenidos de grasa de 1.43 y 0.95 % , este ultimo el valor menor de los cuatro criollos (Cuadro 5). Al respecto Mertz, (1992) reportó valores de 1.2 % de grasa en elote amarillo mismos que son cercanos a los reportados en los tipos de elotes criollos bajo estudio. Dudley *et al.*, (1974); Citados por Poey, (1978) mencionan que el contenido de grasa es mayor en grano maduro seco que en elote.

Índice de color

Se observaron diferencias estadísticas significativas en los criollos de color amarillo, blanco, azul y rojo en el parámetro L, a* y b*. En el parámetro L se encontró que el criollo blanco presentó el valor más alto con 83.57, así mismo el criollo azul obtuvo el menor valor más con 53.58, lo cual indica que el criollo blanco presenta una mayor brillantez o luminosidad y el azul una menor luminosidad o brillantez. En el parámetro a* no se presentaron diferencias estadísticas significativas en los criollos de color evaluados. En el parámetro b* el valor más alto se presentó en el criollo amarillo con 31.96, con respecto a los criollos de color blanco y rojo que presentaron valores semejantes de 17.63 y 16.69 respectivamente y por último el criollo azul presentó el menor valor con respecto a los demás criollos evaluados con 2.84 (Cuadro 6).

Azúcares Totales

Se encontraron diferencias estadísticas significativas en azúcares totales entre los tipos de elotes criollos de color. El elote criollo amarillo presentó el valor más alto de azúcares totales, con 12.54 mg·g⁻¹pf, así mismo el contenido de azúcares totales menor lo presentó el criollo azul con 10.67 mg·g⁻¹pf., y los criollos blanco y rojo mostraron valores intermedios de 11.28 y 11.70 mg·g⁻¹pf respectivamente (Cuadro 6). Los valores de los criollos de color evaluados

son más bajos que los encontrados por Evensen *et al.*, (1986) quienes reportaron en tres híbridos de elote valores de 53.0, 49.1 y 60.2 mg·g⁻¹pf, en delight (*su se*), merit (*su*) y loaf (*su Sh 2/sh2*) respectivamente. Por otra parte Ramírez *et al.*, (2001) encontraron en tres híbridos de elote valores de 19.46, 12.69 y 18.47 de azúcares totales en cultivares 2038, 2010 y 2004 respectivamente. Cabe destacar que el criollo amarillo obtuvo una concentración semejante de azúcares totales a la obtenida del híbrido de elote 2010. Los valores elevados de azúcares, de acuerdo con Creech, (1965) son debido a que el gen *shrunk* (*sh₂*) causa acumulación de sacarosa y lípidos en el endospermo del grano de maíz, de forma que los maíces que lo presentan poseen cuatro a ocho veces más azúcares que el maíz normal y son conocidos como superdulces.

Cuadro 6. Cuantificación de color, azúcares totales, azúcares reductores y almidón en granos de elotes criollos de color de la región Otomí-Tepehua de Acaxochitlan, Hgo.

Criollos	Color			Azúcares Totales (mg g ⁻¹ pf)	Azúcares Reductores (mg g ⁻¹ pf)	Almidón (mg g ⁻¹ pf)
	L	a*	b*			
Amarillo	82.05 a	2.84 a	31.96 a	12.54 a	9.82 a	38.19 a
Blanco	83.57 a	0.66 a	16.69 b	11.28 b	7.19 c	36.91 b
Azul	53.58 b	0.43 a	2.84 c	10.67 c	6.95 d	34.25 c
Rojo	73.47 a	6.08 a	17.63 b	11.70 b	9.08 b	35.66 b
DMS	16.71	6.38	4.72	0.45	0.12	1.26

²Valores con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una p ≤ 0.05. DMS; Diferencia mínima significativa.

Azúcares Reductores

Se encontraron diferencias estadísticas significativas en azúcares reductores entre los tipos de elotes criollos de color, el criollo amarillo y rojo presentaron los valores más altos con 9.82 mg·g⁻¹pf, y 9.08 mg·g⁻¹pf, respectivamente, con respecto a los criollos de color blanco y azul que obtuvieron valores menores con 7.19 y 6.95 mg·g⁻¹pf (Cuadro 6). Estos valores son más bajos que los encontrados por Evensen *et al.*, (1986), quienes reportaron en tres híbridos de elote valores de 11.5, 19.0 y 24.8 mg·g⁻¹pf, en delight (*su se*), merit (*su*) y loaf (*su Sh 2/sh2*) respectivamente. Así mismo, Camacho *et al.*, (2001) encontraron en tres híbridos de elote

súper dulce valores de 13, 10.26 y 9.76 % de azúcares reductores en Krispy King, Victor y 324 respectivamente, este último tuvo un valor similar al criollo amarillo. Por otra parte Ramírez *et al.*, (2004) encontraron en híbrido de elote 2010 un valor de 6.58 semejante al encontrado en el tipo de elote del criollo azul. Olsen *et al.*, (1990) encontraron altos contenidos de fructosa y glucosa en híbridos superdulces. Lo cual indica que los elotes mejorados genéticamente presentan un mayor contenido de azúcares reductores pero en algunas variedades no difiere significativamente de los tipos de elotes criollos estudiados.

Almidón

Se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tipos de elotes criollos de color en el contenido de almidón, ya que el criollo de color amarillo presentó el mayor valor 38.19 mg·g⁻¹pf, así mismo los criollos de color blanco y rojo presentaron valores similares entre ellos con 36.91 y 35.66 mg·g⁻¹pf y por último el criollo azul presentó el valor más bajo de almidón con 34.25 mg·g⁻¹pf con respecto a los demás criollos de color (Cuadro 6). En relación a esto Olsen *et al.*, (1990) reportaron en tres cultivos de elote (*su*) y superdulce (*sh₂*) tierno Aussie gold 12 (*su*), Rosella 425 (*su*) y Sucro (*sh₂*) valores iniciales de 15.0, 17.8 y 8.1 mg·g⁻¹pf respectivamente datos más bajos a los encontrados en este trabajo, esto puede ser debido a que el gen *su* disminuye la síntesis del almidón mientras que el gen *sh₂* no sintetiza la enzima ADP-glucosafosforilasa, clave en la síntesis del almidón causando una acumulación de sacarosa y de lípidos en lugar de almidón (Alfonzo *et al.*, 2002). Por otra parte Evensen *et al.*, (1986) reportaron datos más altos a los presentados en este trabajo en tres cultivos de elote variedad Delight (*su se*), Sugar loaf (*su Sh₂/sh₂*) y Silver queen (*su*) con valores de 47.8, 52.3 y 43.7 mg·g⁻¹pf respectivamente, lo cual indica que las variedades o cultivares de grano influyen de manera directa en el contenido de almidón ya que aún siendo mejoradas genéticamente presentan un amplio rango de variabilidad en el contenido de almidón.

4.2 Experimento 2. Almacenamiento de granos de tipos de elotes criollos de color.

Perdidas de peso.

Se observaron diferencias estadísticas significativas en tipo de elotes, criollo amarillo, blanco y azul, empacados en charolas con película plástica y en bolsas de polietileno al vacío (85 %) a los 10, 20 y 30 días, encontrando que a los 10 días de almacenamiento en el criollo amarillo empacados al vacío al 85 % presentaron la menor pérdida de peso con 1.46 % y la mayor pérdida de peso se observó en el tipo de elote criollo blanco empacado en charola con película plástica con 2.39 %. En los criollos de color amarillo y azul empacados en charolas de unicel con película plástica y en los criollos de color blanco y azul empacados al vacío al 85 % presentaron diferencias mínimas entre ellos.

Cuadro 7. Pérdida de peso (%) en granos de elote criollo amarillo, blanco y azul almacenados en charolas de unicel con película plástica y en bolsas de polietileno al vacío (85 %)

Granos de elotes criollos almacenados en charolas de unicel con película plástica y en bolsas de polietileno al vacío (85 %)	Pérdida de peso %			
	-----Días-----			
	Inicial	10	20	30
Charolas con película plástica.				
Criollo amarillo	0.00	2.12 ab	-----	-----
Criollo blanco	0.00	2.39 a	-----	-----
Criollo azul	0.00	1.91 ab	-----	-----
Al vacío (85%)				
Criollo amarillo	0.00	1.46 b	0.47 a	0.0 a
Criollo blanco	0.00	1.77 ab	0.87 a	0.0 a
Criollo azul	0.00	1.78 ab	0.85 a	0.32 a
DMS	0	0.811	1.547	0.81

²Valores con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $p \leq 0.05$. DMS; Diferencia mínima significativa.

Los criollos de color amarillo, blanco y azul empacados al vacío al 85 % no presentaron diferencias a los 20 y 30 días de almacenamiento. Sin embargo a los 20 días de almacenamiento el criollo blanco presentó el valor mayor con 0.87 % y criollo amarillo el

valor menor con 0.47 %, a los 30 días de almacenamiento el valor más alto lo presentó el criollo azul con 0.32 % (Cuadro 7).

El periodo máximo de vida de anaquel para los granos de elote criollo amarillo, criollo blanco y criollo azul empacados en charolas con película plástica fue de 10 días, después de éste periodo se presentaron hongos, olor desagradable y apariencia viscosa, mientras que los granos de los elotes criollos empacados al vacío al 85 % a los 30 días se encontraban en condiciones aceptables de calidad y sin la presencia de hongos ni olores desagradables.

Acidez titulable

Se observaron diferencias estadísticas significativas en acidez titulable en los tipos de elotes, criollo amarillo, blanco y azul almacenados en charolas de unicel con película plástica a los 0, 10 y 20 días de almacenamiento y en bolsas de polietileno al vacío (85 %) a los 0, 10, 20 y 30 días de almacenamiento. Al inicio del almacenamiento el criollo azul empacados en charolas de unicel con película plástica y al vacío al 85 % presentaron el menor porcentaje de acidez titulable con 0.85 %, siguiendo los tipos de elote criollo azul y blanco con valores de 0.90 y 0.96 % respectivamente. A los 10 días de almacenamiento el valor de acidez más bajo lo presentó el tipo de elote criollo blanco con 0.87 %, siguiéndole los criollos de color azul y amarillo empacados en charolas de unicel con película plástica con valores de 0.91 y 0.93 % respectivamente. El tipo de elote criollo azul empacado al vacío al 85 % presentó un valor de 0.85 %, el criollo blanco y amarillo presentaron valores más altos con 0.96 y 1.45 % respectivamente. Sin embargo a los 20 días de almacenamiento el criollo de color azul empacado al vacío al 85 %, obtuvo el menor valor con 1.02 % de acidez titulable siguiendo los tipos criollo amarillo y blanco con valores de 1.45 Y 1.47 % respectivamente. A los 30 días de almacenamiento el criollo blanco presentó el menor porcentaje de acidez con 1.15, y los criollos amarillo y azul empacados también al vacío al 85 % obtuvieron valores de 2.07 y 2.39 % respectivamente, no observándose diferencias estadísticas significativas entre ellos.

El periodo máximo de vida de anaquel para los granos de elote criollo amarillo, criollo blanco y criollo azul empacados en charolas con película plástica fue de 10 días, después de éste periodo se presentaron hongos, olor desagradable y apariencia viscosa, mientras que los granos de los elotes criollos empacados al vacío al 85 % a los 30 días se encontraban en

condiciones aceptables de calidad y sin la presencia de hongos, ni olores desagradables (cuadro 8). Estos valores coinciden con lo reportado por Camacho *et al.*, (2001) en tres híbridos de elote súper dulce almacenados a 4 ± 1 °C durante 28 días, Krispy King, Víctor y 324. Durante el almacenamiento el incremento de acidez fue más pronunciado en los granos de elotes criollos almacenados al vacío (al 85%) entre los 20 y 30 días. Este aumento pudo ser provocado por la acción de enzimas y por la incidencia de una mayor carga de microbiana en las dos ultimas fechas, probablemente ocasionado por la ausencia de un tratamiento térmico previo al tratarse de un producto fresco.

Cuadro 8. Acidez titulable (%) en granos de elote criollo amarillo, blanco y azul almacenados en charolas de unicel con película plástica y en bolsas de polietileno al vacío (85 %)

Granos de elotes criollos almacenados en charolas de unicel con película plástica y en bolsas de polietileno al vacío (85 %)	Acidez titulable %			
	Inicial	10	20	30
Charolas con película plástica.				
Criollo amarillo	0.90 ab	0.93 bc	0.93 bc	-----
Criollo blanco	0.96 a	0.87 cd	0.87 c	-----
Criollo azul	0.85 b	0.91 bcd	0.91 bc	-----
Al vacío (85%)				
Criollo amarillo	0.90 ab	1.45 a	1.45 a	2.07 a
Criollo blanco	0.96 a	0.96 b	1.47 a	1.51 b
Criollo azul	0.85 b	0.85 d	1.02 b	2.32 a
DMS	0.585	0.07	0.15	0.25

²Valores con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $p \leq 0.05$. DMS; Diferencia mínima significativa.

Sólidos solubles totales

No se observaron diferencias estadísticas significativas en el porcentaje de sólidos solubles totales en los criollos de color amarillo, blanco y azul empacados en charolas de unicel con película plástica y en bolsas de polietileno al vacío (85 %) almacenados a los 0, 10, 20 y 30 días. Sin embargo aunque no se observaron diferencias estadísticas, el criollo blanco

empacado al vacío al 85 % presentó el valor mayor al inicio, a los 10 y 20 días de almacenamiento con un valor de 9.0, 7.06 y 6.36 % respectivamente. Por último el tipo de criollo de color amarillo presentó el valor mayor con 7.23 % a los 30 días del almacenamiento empacado al vacío al 85 % (Cuadro 9)

Cuadro 9. Sólidos solubles totales (%) en granos de elote criollo amarillo, blanco y azul almacenados en charolas de unicel con película plástica y en bolsas de polietileno al vacío (85 %)

Granos de elotes criollos almacenados en charolas de unicel con película plástica y en bolsas de polietileno al vacío (85 %)	Sólidos solubles totales % ° Brix			
	Inicial	-----Días-----		
		10	20	30
Charolas con película plástica.				
Criollo amarillo	7.36 a	6.46 a	-----	-----
Criollo blanco	9.00 a	6.20 a	-----	-----
Criollo azul	5.83 a	5.56 a	-----	-----
Al vacío (85%)				
Criollo amarillo	7.36 a	6.30 a	6.30 a	7.23 a
Criollo blanco	9.00 a	7.06 a	6.36 a	6.70 a
Criollo azul	5.83 a	5.83 a	5.76 a	6.36 a
DMS	5.06	1.65	0.76	1.85

²Valores con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $p \leq 0.05$. DMS; Diferencia mínima significativa.

El periodo máximo de vida de anaquel para los granos de elote criollo amarillo, blanco y azul empacados en charolas con película plástica fue de 10 días, después de éste periodo se presentaron hongos, olor desagradable y apariencia viscosa, mientras que los granos de los elotes criollos empacados en bolsas de polietileno al vacío (85 %) a los 30 días se encontraban en condiciones aceptables de calidad y sin la presencia de hongos ni olores desagradables. Los sólidos solubles totales disminuyeron durante su almacenamiento. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Zhu *et al.*, (1992) quienes también hallaron una disminución en estos compuestos (16.8 a 15.8 ° Brix) en elotes súper dulces durante el almacenamiento refrigerado a 6 °C por 5 días.

Índice Color

Se observaron diferencias estadísticas significativas en color (“L”, “a” y “b”) en elote criollo amarillo, blanco y azul almacenados a 10 días en charola de unicel con película plástica y a 10, 20 y 30 días en bolsas de polietileno al vacío (85 %) Al inicio del periodo de almacenamiento el valor de “L”(Luminosidad) más elevado se observó en el criollo blanco empacado al vacío al 85% con 82.26, el valor más alto de a* y b* se observó en el criollo amarillo empacado en charolas con película plástica con 9.73 y 35.09 respectivamente, sin embargo conforme se prolongó el periodo de almacenamiento, el valor de “L” disminuyó en el tipo criollo blanco empacado al vacío al 85 % a 81.67 indicando cierto oscurecimiento y aumentó en el criollo amarillo y azul en el mismo tipo de empaque de 79.80 a 80.31 y de 57.59 a 63.56 respectivamente mostrando cierta decoloración del grano, el valor de a* aumentó en el tipo de elote criollo de color amarillo y azul almacenados al vacío al 85 % de 4.77 a 5.27 y de -5.04 a 2.71 respectivamente y el elote criollo blanco empacado al vacío al 85 % disminuyó de 0.56 a 0.17, el valor de “b” aumentó en el tipo criollo amarillo y criollo azul empacado al vacío al 85 % de 30.93 a 33.33 y de 0.94 a 1.37 respectivamente, disminuyó en el tipo de elote criollo blanco al vacío al 85 % de 22.97 a 19.58. A los 10 días de almacenamiento el valor de “L” más alto se observó el tipo de elote criollo amarillo empacado al vacío al 85 % con 81.64, el valor más elevado de a lo presentó el tipo de elote criollo amarillo empacado al vacío al 85 % y en charolas con película plástica con 5.04 y 4.35 respectivamente, el valor de b más alto lo mostró el tipo de elote criollo amarillo empacado al vacío al 85 % con 33.38. (Cuadro 10).

El periodo máximo de vida de anaquel para los criollo de color amarillo, blanco y azul almacenados en charolas con película plástica fue de 10 días, después de éste periodo se presentaron hongos. Mientras que en los criollos empacados al vacío al 85 % a los 20 y 30 días se encontraban en condiciones aceptables de calidad y sin la presencia de hongos, observándose el valor más alto de “L” en el criollo blanco con 82.92, de a* y b* en el tipo criollo amarillo con 5.73 y al final del periodo de almacenamiento el tipo criollo de color blanco y amarillo presentaron el valor más alto de “L” con 81.67 y 80.31 respectivamente, el valor de a* y de b* más alto lo presentó el criollo amarillo con 5.27 y 33.33 respectivamente. En general el oscurecimiento en el color del grano y una tendencia para cambiar a amarillo con el tiempo fue observada y expresada en relación con los valores de “L” en elotes de maíz

dulce blanco no envueltas y envueltas en dos diferentes tipos de películas y almacenadas a 10 y 20 °C, estos cambios eran más pronunciados en 20 °C que en 10 °C, fluctuando entre 62 y 67 el valor “L” (Deak *et al*, 1987), los cuales son aproximados a los presentados en los tipos de elotes criollos blancos bajo estudio almacenados a 30 días observando la misma tendencia a oscurecer, sin embargo en tipos criollos amarillos y azuls se observó una ligera decoloración del grano.

Cuadro 10. Color (L, a* y b*) en granos de elote criollo amarillo, blanco y azul almacenados en charolas de unigel con película plástica y en bolsas de polietileno al vacío (85 %)

Granos de elotes criollos almacenados en charolas con película plástica y en bolsas de polietileno al vacío (85 %)	Color											
	-----Días-----											
	Inicial			10			20			30		
	L	a*	b*	L	a*	b*	L	a*	b*	L	a*	b*
Charolas con película plástica.												
Criollo amarillo	76.21 a	9.73 a	35.09 a	78.30 ab	4.35 a	27.79 ab	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Criollo blanco	77.21 a	1.35 b	17.50 c	77.34 ab	1.03 b	20.37 b	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Criollo azul	57.83 b	1.52 b	1.98 d	50.04 c	-0.45 b	1.55 d	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Al vacío (85%)												
Criollo amarillo	79.80 a	4.77 a	30.93 ab	81.64 a	5.04 a	33.38 a	77.12 a	5.73 a	5.73 a	80.31 a	5.27 a	33.33 a
Criollo blanco	82.26 a	0.56 b	22.97 bc	79.42 ab	0.48 b	20.24 bc	82.92 a	0.17 b	0.17 b	81.67 a	0.17 c	19.58 b
Criollo azul	57.59 b	-5.04 c	0.94 d	70.00 b	1.47 b	9.03 dc	63.72 a	0.99 ab	0.99 ab	63.56 b	2.71 b	1.37 c
DMS	15.31	5.25	8.44	9.88	2.37	11.32	20.38	4.78	9.45	10.09	2.17	9.3

²Valores con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $p \leq 0.05$.
DMS; Diferencia mínima significativa.

Azúcares totales

Se observaron diferencias estadísticas significativas en azúcares totales en los tres tipos de criollo de color amarillo, blanco y azul en charolas de unigel con película plástica y en bolsas

de polietileno al vacío (85 %) a los 10, 20 y 30 días. Al inicio del periodo de almacenamiento no se observaron diferencias en los valores de azúcares totales en los criollos amarillo, blanco y azul, sin embargo el valor más alto de 12.78 mg · g⁻¹pf lo presentaron los granos de elote del criollo amarillo, sin embargo conforme se prolongó el periodo de almacenamiento se observó una disminución considerable en el contenido de azúcares totales. A los 10 días de almacenamiento el contenido de azúcares totales más alto se presentó en el criollo blanco con 7.58 mg · g⁻¹pf seguido del azul con un valor de 7.26 mg · g⁻¹pf, almacenados ambos en charolas de unigel con película plástica (Cuadro 11). El periodo máximo de vida de anaquel para los tipos de elote criollo de color amarillo, blanco y azul almacenados en charolas con película plástica fue de 10 días, después de éste periodo se presentaron hongos. mientras que los granos de elotes empacados al vacío al 85 % a los 20 y 30 días se encontraban en condiciones aceptables de calidad y sin la presencia de hongos, observándose el contenido más alto de azúcares totales en el grano de elote amarillo con valor de 1.02 y 0.27 mg · g⁻¹pf respectivamente. Al respecto Evensen y Boyer, (1986) encontraron valores 4 a 8 veces más elevados en azúcares totales, en variedades de elote dulce (*su*) y superdulce (*sh₂*) mejorados genéticamente, almacenados 14 días a 0 y 10 °C en un rango de 85. 2 a 22.5, las concentraciones de azúcares (sacarosa, azúcares reductores y azúcares totales) en maíz dulce fueron significativamente afectadas por cultivar, tiempo de almacenamiento, temperatura de almacenamiento y sus interacciones. Los azúcares fueron generalmente más bajos cuando el maíz fue almacenado a 10 °C que a 0 °C. Así mismo Camacho *et al.*, (2001) observaron una reducción de azúcares totales durante la refrigeración de elotes de híbridos súper dulces (*sh₂*) almacenados a 4 ± 1 °C durante 28 días, con valores comprendidos entre 44.6 a 16.58, los valores elevados de acuerdo con Creech, (1965) son debido a que el gen *sh₂* causa acumulación de sacarosa y lípidos en el endospermo del grano de maíz, de forma que los maíces que lo presentan poseen cuatro a ocho veces más azúcares que el maíz normal y son conocidos como superdulces. Los valores reportados de azúcares totales en el presente estudio se aproximan a los encontrados por Ramírez *et al.*, (2004) en elotes del híbrido 2010 congelados por 90 días a -18 °C dentro del rango de 12.69 hasta 3.11 así mismo son mayores a los reportados por Olsen *et al.*, (1990) con valores de 2.6 a 0.9 g · 100g⁻¹ peso fresco en “Aussie Gold 12”(*su*), 2.3 a 0.9 en “Rosella 425” (*su*) y 7.0 a 2.0 en “Sucro” (*sh₂*) almacenados en 1,4,7 y 18 °C por 10 días.

Cuadro 11. Contenido de azúcares totales ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\text{pf}$) en granos de elote criollo amarillo, blanco y azul almacenado en charolas de unicel con película plástica y en bolsas de polietileno al vacío (85 %)

Granos de elotes criollos almacenados en charolas de unicel con película plástica y en bolsas de polietileno al vacío (85 %)	Azúcares totales ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\text{pf}$)			
	-----Días-----			
	Inicial	10	20	30
Charolas con película plástica.				
Criollo amarillo	12.78 a	5.29 b	-----	-----
Criollo blanco	11.51 a	7.58 a	-----	-----
Criollo azul	10.04 a	7.26 a	-----	-----
Al vacío (85%)				
Criollo amarillo	12.78 a	4.73 b	1.02 a	0.27 a
Criollo blanco	11.51 a	4.11 b	0.69 b	0.26 a
Criollo azul	10.04 a	4.46 b	0.47 c	0.13 b
DMS	5.49	1.69	0.12	0.03

²Valores con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $p \leq 0.05$. DMS; Diferencia mínima significativa.

Azúcares reductores

Se observaron diferencias estadísticas significativas en el contenido de azúcares reductores en tipos de elote criollo de color amarillo, blanco y azul almacenados a 10 días en charola de unicel con película plástica y a 10, 20 y 30 días almacenados en bolsas de polietileno al vacío (85 %). Al inicio del periodo de almacenamiento se observó el mayor valor de azúcares reductores en el grano de elote criollo amarillo con $9.81 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}\text{pf}$., al prolongarse el periodo de almacenamiento, disminuyó considerablemente el contenido de azúcares reductores respecto al valor inicial. El valor más alto de azúcares reductores a los 10 días de almacenamiento se presentó en granos de elote del criollo azul almacenado en charola de unicel con película plástica con un valor de $3.63 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}\text{pf}$. (Cuadro 12).

Cuadro 12. Contenido de azúcares reductores ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\text{pf}$) en granos de elote criollo amarillo, blanco y azul almacenado en charolas de unigel con película plástica y en bolsas de polietileno al vacío (85 %)

Granos de elotes criollos almacenados en charolas de unigel con película plástica y en bolsas de polietileno al vacío (85 %)	Azúcares reductores ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\text{pf}$)			
	-----Días-----			
	Inicial	10	20	30
Charolas con película plástica.				
Criollo amarillo	9.81 a	1.95 a	-----	-----
Criollo blanco	6.02 b	3.25 a	-----	-----
Criollo azul	4.74 c	3.63 a	-----	-----
Al vacío (85%)				
Criollo amarillo	9.81 a	2.65 a	0.31 b	0.07 a
Criollo blanco	6.02 b	2.77 a	0.36 b	0.10 a
Criollo azul	4.74 c	1.88 a	0.70 a	0.08 ab
DMS	0.32	1.80	0.27	0.02

^zValores con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $p \leq 0.05$.
DMS; Diferencia mínima significativa.

El periodo máximo de vida de anaquel para los tipos de elote criollo amarillo, criollo blanco y criollo azul almacenados en charolas con película plástica fue de 10 días, después de éste periodo se presentaron hongos. Mientras que los granos de elote almacenados al vacío al 85 % a los 20 y 30 días se encontraban en condiciones aceptables de calidad y sin la presencia de hongos. A los 20 días de almacenamiento se observó el mayor contenido de azúcares reductores en grano de elote criollo azul con $0.70 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}\text{pf}$. Al final del periodo de almacenamiento a los 30 días, el valor más elevado de azúcares reductores en grano de elote criollo blanco empacado al vacío al 85% fue de $0.10 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}\text{pf}$. Al respecto Camacho *et al.*, (2001) mostraron valores de azúcares reductores más altos en híbridos de maíz superdulce *sh2* fresco, almacenados a $4 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ por 28 días, en un rango de 13.00 a 6.67, mostrando variabilidad a través del tiempo de almacenamiento. Así mismo Evensen y Boyer, (1986) refieren valores de 63.3 a $9.1 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1} \text{ pf}$ en 6 cultivares de elote genéticamente mejorado, almacenado a 0 y a $10 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 14 días de almacenamiento, el azúcar fue en general más baja cuando el elote se almacenó a $10 \text{ }^\circ\text{C}$ que a $0 \text{ }^\circ\text{C}$. Ramírez *et al.*, (2004) reportaron valores

en un rango de 6.58 hasta 1.47 en azúcares reductores en elotes del híbrido 2010 congelados y almacenados por 90 días a -18 °C, valores que se aproximan a los encontrados en los tipos criollos bajo estudio, sobre las mermas en los azúcares reductores. Evensen y Boyer, (1986) encontraron que algunos de estos compuestos pueden pasar a no reductores por formación de sacarosa, Camacho *et al.*, (2001) indica que por tratarse de muestras sin un tratamiento calórico que inhiba la actividad enzimática y el desarrollo microbiano, pudo ocurrir una hidrólisis de la sacarosa así como un consumo de los azúcares por los microorganismos, que posiblemente originaron éstos cambios.

Almidón

Se observaron diferencias estadísticas significativas en el contenido de almidón en los tipos de elote criollo amarillo, criollo blanco y criollo azul almacenados a 10 días en charolas de unicel con película plástica y a 10, 20 y 30 días empacados en bolsas de polietileno al vacío (85 %)., ya que al inicio del periodo de almacenamiento no se observaron diferencias en el contenido de almidón en los criollos de color amarillo, blanco y azul sin embargo el valor más elevado se observó en granos de elote criollo amarillo con 36.15 mg·g⁻¹pf, al prolongarse el periodo de almacenamiento, disminuyó gradualmente el contenido de almidón respecto al valor inicial en un 96.29 %. A los 10 días de almacenamiento el mayor contenido de almidón se observó en granos de elote criollo azul almacenado en charola de unicel con película plástica con un 18.83 mg·g⁻¹pf. (Cuadro 13). El periodo máximo de vida de anaquel para los tipos de elotes criollo amarillo, criollo blanco y criollo azul almacenados en charolas con película plástica fue de 10 días, después de éste periodo se presentaron hongos. Mientras que los tipos de elote almacenados al vacío al 85 % a los 20 y 30 días se encontraban en condiciones aceptables de calidad y sin la presencia de hongos, no se observaron diferencias estadísticas significativas en el contenido de almidón en los tipos de elotes criollo amarillo, blanco y azul a los 20 y 30 días de almacenamiento, sin embargo el valor más alto lo presentaron los granos de elote criollo azul con 18.83 y 1.34 mg·g⁻¹pf respectivamente. Al respecto Olsen *et al.*, (1990) indicaron que en cultivares de elote mejorado genéticamente, almacenado a 10 días a una temperatura de 1, 4, 7 y 18 °C el fragmento de almidón era significativamente más bajo en “Sucro” sh2 antes del almacenamiento y ésta tendencia continuó a lo largo del almacenamiento. Hubo un tendencia general hacia el incremento de los niveles de almidón con el incremento de las

temperaturas de almacenamiento, “Aussie Gold 12” (*su*) presentó un rango de 15.0 a 24.2 g·100 g⁻¹ pf, “Rosella 425” (*su*) de 17.8 a 32.8 y “Sucro”(*sh*₂) de 8.1 a 18.2, el nivel de almidón se incrementó con el incremento de las temperaturas de almacenamiento. Deak *et al.*, (1997) mencionan que el almidón presenta un incremento con el tiempo de almacenamiento, los cambios son más pronunciados en 20 °C que en 10 °C, la pérdida de humedad del grano sin empaque interactúa con los cambios de almidón y presenta un incremento.

Cuadro 13. Contenido de Almidón (mg·g⁻¹pf) en granos de elote criollos de color amarillo, blanco y azul, almacenados en charolas de unicel con película plástica y en bolsas de polietileno al vacío (85 %)

Granos de elotes criollos almacenados en charolas de unicel con película plástica y en bolsas de polietileno al vacío (85 %)	Almidón (mg·g ⁻¹ pf)			
	-----Días-----			
	Inicial	10	20	30
Charolas con película plástica.				
Criollo amarillo	36.15 a	10.28 ab	-----	-----
Criollo blanco	34.96 a	11.04 ab	-----	-----
Criollo azul	35.36 a	18.83 a	-----	-----
Al vacío (85%)				
Criollo amarillo	36.15 a	7.52 b	10.28 a	0.16 a
Criollo blanco	34.96 a	11.10 ab	11.04 a	0.47 a
Criollo azul	35.36 a	10.99 ab	18.83 a	1.34 a
DMS	13.03	10.04	9.46	1.56

²Valores con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una p ≤ 0.05. DMS; Diferencia mínima significativa.

Los valores reportados en los tres tipos de elotes criollos presentaron una tendencia decreciente durante el tiempo de almacenamiento, lo cual no coincide con la bibliografía referente a híbridos de elote mejorado genéticamente, esto puede ser debido a la baja temperatura de almacenamiento de 5 ± 1 °C y a la pérdida de humedad debido a los empaques, lo cual influyó en la baja deshidratación y por lo tanto en la disminución de la concentración de almidón.

Etanol

Se observaron diferencias estadísticas significativas en el contenido de etanol en granos de elote criollo de color amarillo, blanco y azul almacenados a 10, 20 y 30 días en charolas de unicel con película plástica y a los 10, 20 y 30 días empacados en bolsas de polietileno al vacío (85 %). A los 10 días de almacenamiento el menor contenido de etanol se observó en los granos de elote criollo amarillo en charolas de unicel con película plástica con 7.62 y 7.77 en bolsas de polietileno empacadas al vacío.

Cuadro 14. Contenido de Etanol ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ extracto) en granos de elote criollo amarillo, blanco y azul, almacenados en charolas de unicel con película plástica y en bolsas de polietileno al vacío (85 %)

Granos de elotes criollos almacenados en charolas de unicel con película plástica y en bolsas de polietileno al vacío (85 %)	Etanol ($\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ extracto)			
	Inicial	-----Días-----		
		10	20	30
Charolas con película plástica.				
Criollo amarillo	0	7.62 c	20.92 bc	-----
Criollo blanco	0	9.78 a	27.50 a	-----
Criollo azul	0	8.93 b	25.37 ab	-----
Al vacío (85%)				
Criollo amarillo	0	7.77 c	13.35 d	20.92 a
Criollo blanco	0	8.87 b	17.49 cd	25.47 a
Criollo azul	0	8.90 b	16.03 d	23.88 a
DMS	0	0.33	4.48	8.37

²Valores con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $p \leq 0.05$. DMS; Diferencia mínima significativa.

Conforme se prolongó el periodo de almacenamiento, aumentó el contenido de etanol, en todos los criollos almacenados en charolas de unicel con película plástica y al vacío al 85 %. Así mismo a los 20 días de almacenamiento el grano de elote criollo amarillo, blanco y azul almacenados al vacío al 85 % mantuvieron los valores más bajos, por otra parte los criollos empacados en charolas de unicel con película plástica, presentaron valores más altos y empezaron a mostrar síntomas de descomposición en el transcurso del tiempo por lo que el

periodo máximo de vida de anaquel medido para los tipos de elote criollo amarillo, blanco y azul fue de 20 días, después de éste periodo se presentaron hongos, mientras que los granos de elote criollo amarillo, blanco y negro, almacenados al vacío al 85 % a los 20 y 30 días se encontraban en condiciones aceptables de calidad y sin la presencia de hongos (Cuadro 18).

Spalding *et al.*, (1968) en estudios realizados en elote variedad “Iobelle” almacenado a 1.7 °C por 3 semanas en atmósferas controladas a presión normal y a baja presión, encontraron que el contenido de etanol se incrementó significativamente en todas las atmósferas, excepto a 21 % de O₂ y sin CO₂, la alta concentración de CO₂ incrementa la concentración de etanol, en un rango de 25 hasta 651 mg · 100 g⁻¹, comportamiento similar a los elotes criollos estudiados en donde se presentó un incremento de etanol conforme avanzaba el tiempo de almacenamiento en ambos empaques.

V. CONCLUSIONES

Los cuatro tipos de elotes criollos de color amarillos, blancos, azules y rojos presentaron valores similares en cuanto a sus características físicas sin embargo el criollo azul destacó con mayor longitud de elote, grano y peso del mismo.

En las características fisicoquímicas los granos de elote criollo rojo presento un mayor porcentaje de proteína y humedad, sin embargo mostró decremento en grasa, así mismo en grano de elote blanco ocasiono un incremento en sólidos solubles totales y del valor “a” en el rojo y la luminosidad valor “L” en el blanco.

El criollo amarillo en la caracterización presentó menor porcentaje de proteína, humedad y mayor contenido de fibra y azúcares totales, azúcares reductores, almidón, valor “b”. Así mismo empacados al vacío al 85 % y almacenados a una temperatura de 5 ± 1 °C a los 30 días de almacenamiento presentaron las menores pérdidas de peso y mayor porcentaje de sólidos solubles totales, índice de color y contenido de azúcares totales.

Los granos de elote criollo azul presentaron valores intermedios en la caracterización respecto al blanco y amarillo, de proteína, humedad, grasa y menor contenido de sólidos solubles totales, fibra, azúcares totales, azúcares reductores y almidón.

Los granos de elote criollo blanco empacados en bolsas de polietileno al vacío (85 %) y almacenados a una temperatura de 5 ± 1 °C a los 30 días de almacenamiento presentaron una mayor brillantez y contenido de azúcares reductores, y menor valor de acidez titulable.

En cuanto al tipo de empaque utilizado el que mantuvo las características visuales aceptables de calidad de los granos de elote criollo por un periodo de 30 días de almacenamiento fueron las bolsas de polietileno 85 % al vacío, no así las charolas de unicel con película plástica se propicio el crecimiento de hongos, la apariencia viscosa y olor desagradable de los granos de elote de almacenamiento.

La temperatura de almacenamiento 5 ± 1 °C influyó de manera positiva en la conservación de los granos de elote, sin embargo se observó una disminución considerable de azúcares totales, reductores y almidón respecto a los valores iniciales lo cual indica que aún a ésta temperatura no se mantuvieron las características de dulzor de los granos.

Los granos de elote criollo amarillo presentaron inicialmente valores más elevados de azúcares totales, azúcares reductores y almidón, una vez almacenado como granos de elote a 30 días de almacenamiento mantuvo, el valor más alto de sólidos solubles totales y azúcares totales respecto a los demás criollos bajo estudio.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfonso B., Camacho C., Bertorelli O., y Venanzi. 2002. Adaptabilidad de Mazorcas de híbridos de maíz superdulce al procesamiento industrial. I congelación. Instituto de Química y Tecnología, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela-Del Monte Andina CA. 52(3) pp. 6-7.
- AOAC (1990). Official Methods of analysis Association of official analytical chemists, Washington.
- Arreguín M. D. 2002. Evaluación de maíces blancos y pigmentados con potencial elotero. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo, México pp. 8-38
- Arthey D., y Dennis Colin. 1992. Procesado de hortalizas. Traducido por Pedro Ducar Malvenda. Editorial Acribia S.A., España, 1992. pp 140-145, 148-151
- Auki, H.N. Koji. 2001. Funtionality and novel application of natural food colorant. Gekkan Fudo Kemikaru. 17(1), pp.65-72.
- Ballesta, A. J., Lloveras, F., Calvet, A. Álvarez y Costar, M. A. 1997. Crecimiento desarrollo, adaptación y calidad del maíz dulce en las condiciones de los regadíos de Leida. II Congreso Iberoamericano y III Congreso Iberico de Ciencias Hortícolas. Vilamoura, Portugal. Actas de Horticultura. 16: 474 –475
- Bringas Luis, 1998. La revolución regresa a casa. Análisis y perspectivas. Revista La nueva era, México 1998. pp.8-10.
- Callejo G. M., y Rodríguez B. G. 2002. Industrias de cereales y derivados. AMV ediciones. México. pp 25-113.
- Camacho C., Alfonso B., Bertorelli O., y Venanzi. 2001. Estudio de la estabilidad de las características químicas, microbiológicas y sensoriales de mazorcas refrigeradas de híbridos de maíz superdulce. Instituto de Química y Tecnología, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. 51(2) pp. 182-183.
- Cheftel, J.C., y Cheftel, H., 1992 Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos. Vol. 1. 2a. reimpresión. Traducido del francés por López C. F. Editorial Acribia, S. A., España. pp.14- 146.
- CIMMYT. 2004 Centro de mejoramiento integral del maíz y el trigo. [www. Cimmyt.org/](http://www.Cimmyt.org/) pagina con sultada 2 de marzo 2006.
- Creech RG. 1965. Genetic Control of Carbohidrate síntesis in Maize endosperm. Genetics. 52: 1175-1186.

- Davis, P. L. and W.G. Chace. 1969. Determination of alcohol in citrus juice by gas chromatographic analysis of headspace. *Hortsciense*. 4; pp. 117-119
- Deák T., Heaton E.K., Hung Y.C., and Beuchat L.R. 1987. Extending the shelf life of fresh sweet corn by shrink-wrapping, refrigeration and irradiation. *J. of Food Science*. 52(6) pp. 1628-1630.
- Desrosier W. N. 1993. Conservación de alimentos. Traducción de la 2ª. Edición en inglés, revisada y aumentada 1964. Vigésima reimpresión. Compañía editorial Continental S.A. de C.V. México. pp. 89-90.
- Desrosier W. N. 1998. Elementos Tecnología de los Alimentos. Décima tercera reimpresión 1998. Compañía editorial Continental S.A. de C. V. México. pp. 155-160.
- Donald H. Spalding, Paul L. Davis and William F. Reeder. 1978. Quality of sweet corn stored in controlled atmospheres or under low pressure. Agricultural Research Service, U. S. Department of Agriculture, Miami, FL 33158. *Hort. Sci.* 103(5): 592-595
- Enciclopedia de los Municipios de México. Los Municipios del Estado de Hidalgo. 1987 y 1988. Editada por el Centro Nacional de Estudios Municipales de la Secretaría de Gobernación, en coordinación con los estados y municipios del país.
- Espinosa G. B. 2003. Antocianinas de maíces de grano pigmentado (*Zea mays* L.) y medición de su actividad antioxidante. Tesis de Licenciatura. Dpto. de ing. Agroindustrial. UACH. México. pp. 3-10.
- Evensen K.B. and Boyer C.D. 1986. Carbohydrate composition and sensory quality of fresh and stored sweet corn. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111(5) pp.735-737.
- Fellows, 1994. Tecnología del procesado de alimentos, principios y prácticas. Traducido por Sala T. J. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España. pp. 373-376.
- Figuroa, J. D. C., R. A. S. Mauricio, A. G. Mendoza, M.M. Gaytán, E. S. Morales, S. Taba, F. S. Rincón, M. E. H. García, J. C. Díaz y J. J. M. Veles. 2003. Caracterización y agrupamiento de razas de maíz en México y del mundo en base a sus propiedades físicas, químicas y funcionales. Proyecto CONACYT R-34503b. Juriquilla, Qro., México. pp. 78-99.
- FIRA, 1998. Boletín informativo: Oportunidades de desarrollo del maíz mexicano, alternativas de competencia. México, D.F. p. 34
- Franco, A., y José A. 1987. Evaluación agroindustrial de los genotipos de maíz dulce en el valle del fuerte, Sinaloa. Tesis profesional. Depto de Fitotecnia. UACH. Chapingo, Méx. pp. 58
- Gao, Y. 2000. Characteristics and utilization of black sweet corn. *Shipin Kexue* (Beijing). 21(12). pp 59-61.

- Hawthorn, John, 1983. Fundamentos de ciencia de los alimentos. Traducción: Pazcual López Lorenzo. Universidad de Strathayde. Editorial Acribia, Zaragoza España. pp 60-62.
- Hernández, X. E. 1987. Xolocotzia. Revista de Geografía Agrícola. Tomo II. UACH. México. pp. 35- 115
- Hernandez, X. E. 1987. Xolocoltzin. Revista de Geografía Agrícola. Tomo II. UACH. México: pp35-115.
- Hoseney R. C. 1987. Principios de ciencia y tecnología de los cereales. Department of Grain, Science and industry Kansas State University, Manhattan, Kansas. Traducido por González, A. M. 1991. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España. pp. 10-73
- Inglett G. E. 1970. Corn: Culter, prosessing, products. The AVI Publishing company, Inc. pp. 31-32.
- Jugenheimer W. R. 1981. Maíz, Variedades Mejoradas, Método de Cultivo y Producción de Semillas. Ed. Limusa S.A. México D. F. pp. 670.
- Kent N. L. 1991 Tecnología de los cereales. Introducción para estudiantes de ciencia de los alimentos y agricultura. Traducido por González, A. M.. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España pp. 25-32.
- Lozada, M.A., 2005. Selección de maíces criollos del sureste del estado de Hidalgo con la mejor calidad nixtamalera para la industria de la tortilla. Tesis de Licenciatura. UAEH, Tulancingo, Hidalgo. pp. 15-17, 49, 59-6, 91
- McGuire, R.G. 1992. Reporting of objective color measurements. Hort. Science 27. pp. 1254-1255.
- Mertz T. E. 1992. Bioquímica. Novena reimpresión. Publicaciones culturales. México. pp. 337-342.
- Murria R. 1997. Los productos frutihortícolas alimentos vivos. Artículos de Difusión Universidad Nacional del Rosario. Argentina. pp. 4.
- Olivares M. F. 1995. Estudio de Mercado: producción y comercialización del maíz elotero como hortaliza en la región de Tepehuacan Puebla. Tesis de Licenciatura. UACH, Dpto. de Economía agrícola. Chapingo México. pp. 82
- Olsen J.K, Giles and Jordán R.A. 1990. Postharvest Carbohidratop changes and sensory quality of three sweet corn cultivars. Scientia Hortic. 44:179-189.
- Ortega, D. M. L., y C. Rodríguez c. 1979. Estudio de carbohidratos en variedades Mexicanas de frijol (*Phaseolus coccineus* L.) Agro ciencia 37. pp. 33-49
- Parry R. T. 2003. Envasado de los alimentos en atmósferas modificadas. Traducido por Ballestos R. F. A. Madrid Vicente, Ediciones. pp. 16-17.

- Pearsons B. D., Mondeño, J.R., De la Rosa, P. F., Kirchner, S. C., y Olmos. U. A., 1991. Manuales para la educación agropecuaria Maíz. Área: Producción vegetal. Editorial trillas, segunda edición, México. pp. 9-51.
- Poey D. 1978. El mejoramiento integral del maíz, valor nutritivo y rendimiento; hipótesis y métodos. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. S.A.R.H. pp. 30-52.
- Potter, N. Potter., and Hotchkiss H. J. 1999. Ciencia de los alimentos. Editorial Acribia, S.A., Zaragoza, España. pp. 179-189.
- Ramírez M, Martínez M, Ortiz B., Venanzi. 2004. Adaptabilidad de híbridos de maíz dulce a la congelación en mazorcas. Instituto de Química y Tecnología, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Empresa del Monte Andina. 54(4) pp. 4-7.
- Reyes, C. P. 1990. El maíz y su cultivo, primera edición. A.G.T. Editos, S. A. México, D. F. pp. 47-60
- Risse L.A., and McDonald R.E. 1990. Quality of supersweet corn film overwrapped in trays. Hort. Science 25 (3). pp. 322.
- Robles S. R. 1983. Producción de granos y Forrajes. 4ª Edición. Ed. Limusa S. A. México D. F. pp. 176.
- Ruiz V. C. U. 2002. Oportunidades de mercado en el área de Chicago para los productos agroindustriales derivados del maíz. Tesis de Licenciatura. UACH, División de Ciencias Económico Administrativas. Chapingo México. p. 78
- SAS. 1999. En microcomputadora. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma de Chapingo. P. 176.
- SAGARPA, SIACON (Sistema de Información Agropecuaria de Consulta) SIAP (Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera) 1999-2004.
- Salazar M. R., y Solorio C.H., 1982. Determinación de puntos de corte de Jilote en 6 variedades de maíz (*Zea mays* L.) y su evaluación como alimento enlatado. Tesis Licenciatura. UACH., Dpto. de Industrias Agrícolas. Chapingo, México. pp. 38-43.
- Salinas M. Y. 2000. Antocianinas en el grano de maíces criollos mexicanos. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. De México. pp. 13.
- Smogy, M. 1952. Notes of sugar determination.
- Spalding H., Paul L., and William F. 1978. Quality of sweet corn stored in controlled atmospheres or under low pressure. J. Amer. Soc. Hort. Science. 103(5) pp. 593-595.

- Staackmann, 1998. Elementos de tecnología de alimentos. Editado por Norman N. Desrosier. Avi Publishing Company. Compañía Editora Continental, S.A.de C.V. 13a. Reimpresión. México. pp 155.
- Tanaka A. y Yamaguchi J., 1972. Producción de materia seca, componentes del rendimiento y rendimiento del grano en maíz. Del Journal of the Faculty of Agricultura, Hokkaido University, Sapporo, Japón. Vol. 57-Pt. 1. pp 11-16.
- Trevor V. Suslow y Marita Cantwell M. 2002. Maíz dulce (Elote). Recomendaciones para mantener la calidad postcosecha. Department of Vegetable Crops, University of California, Davis, CA 95616. Traducido por Farbod Youssefi. Seapartment of Pomology, University of California, Davis. pp 1-3.
- Türk R., Turgut J. and Aydin Croglu S. 2001. Quality changes of sweet corn cultivars during cold storage. Acta Hort. Science 553. pp. 759-761.
- Turrent F., A. 1994. Plan de Investigación del sistema maíz-tortilla en la region centro, CIRCE, INIFAP, SARH, Publicación Especial. No. 12, Chapingo, México p.55
- Villegas C. A. 2005. Cambios en la calidad de frutos de Litchi mínimamente procesados. Tesis de Licenciatura. ICAP-UAEH. pp. 1-15.
- Watada A., Ko. N., and Minott, D. 1996. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. Postharvest Biol. Tech. 9. pp 115-125.
- Watson A., S. and E. T., Ramstad. 1987. Corn: Chemistry and Technology. American Association of cereal chemistry, Inc: St. Paul Minnesota. Pp. 601-615.
- Wellhausen. E. J., L.M. Roberts, E. Hernández y P. C. Mangelsdorf. 1951 Races of Maize in Mexico. Their origin, characteristics and distribution. The bussey Institution of Harvard University. pp. 79-96.
- Wills, R.H.H., and Lee T.H., 1984. Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas posrecolección. Traducido por Dr. Burgos, G. J. Editorial Acribia, S. A., Zaragoza, España. pp. 22- 40.
- Witham, F.H. Blaydes, R. M. Devlin. 1971. Experiments in plant physiology. Van Nostrand Reinhold Company. New York. pp.245
- Zhu S, Mount J and Collins J. 1992. Sugar and Soluble Solids changes in refrigerated sweet corn (*Zea mays* L) J. Food Sci. 57 (2): 454-457.

VII. ANEXOS

Preparación de los reactivos para la determinación de azúcares reductores por el método colorimétrico de Nelson y Somogy.

Reactivo de Nelson.

En 800 ml de agua destilada disolver poco a poco y uno por uno.

25 gr de Na_2CO_3 (Carbonato de sodio anhidro)

25 gr de Tartrato de sodio y potasio.

20 gr de NaHCO_3 (Bicarbonato de sodio)

20 gr de Na_2SO_4 (Sulfato de sodio anhidro)

Llevar a un litro y filtrar si es necesario. Almacenar a 20 ° C

Reactivo de Cobre.

15 gr. de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (Sulfato de Cobre) en 100 ml de agua destilada más una o dos gotas de H_2SO_4 (Ácido Sulfúrico concentrado).

Reactivo de Arsenomolibdato.

25 g de $(\text{NH}_4)_6\text{MO}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (Molibdato de Amonio) en 450 ml de agua destilada, más 21 ml de H_2SO_4 (Ácido Sulfúrico concentrado). Mezclar lentamente.

Disolver por separado 3 g de Arseniato de Sodio en 25 ml de agua destilada, mezclar los reactivos. (Coloración amarilla es buena, color verde la solución no sirve) Colocar el reactivo en frasco ámbar en una estufa a 37 ° C durante 24-48 hrs.

Preparación de Lugol (Determinación de almidón)

Dos partes de KI por una de Yodo metálico.

Pesar 1 g de Yodo metálico, 2 g de KI (Yoduro de potasio). Mezclar en un mortero hasta que se encuentre homogéneo y agregar agua destilada poco a poco a 300 ml.

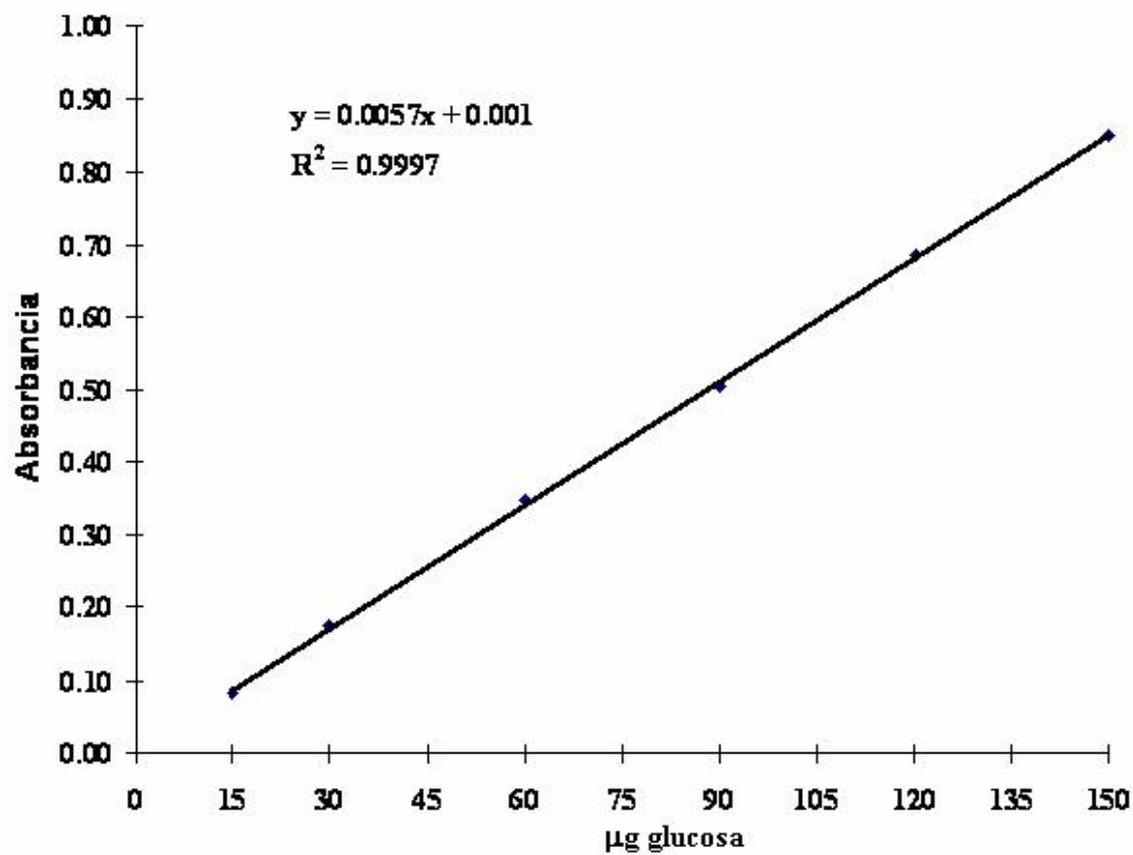
Resumen del análisis de varianza de las variables proteína, cenizas, humedad, sólidos solubles totales, color, longitud de elote, grosor de elote, número de hileras, granos por hilera y peso del grano en granos de elotes criollos de la región Otomí-Tepehua del Estado de Hidalgo.

Variable	Cuadrado Medio del error	DMS	CV	Pr>F
Longitud de elote	0.95800	2.56	5.49	0.1237
Grosor de elote	0.18910	1.14	9.21	0.0043
Número de hileras de granos en elote	3.16600	4.65	9.40	0.0170
Número de grano*hilera en elote	2.66600	4.27	4.83	0.0005
Longitud grano	0.47900	1.81	5.58	0.3458
Grosor Grano	0.54000	0.61	3.35	<0.0001
Peso Grano	16.10700	10.49	4.15	0.0031
Humedad	0.34300	0.96	1.43	<0.0001
Cenizas	0.00005	0.02	0.83	<0.0001
Acidez titulable	0.00041	0.05	2.25	0.0020
Sólidos solubles totales	0.01830	0.35	1.93	<0.0001
Proteína	0.09670	0.81	13.54	0.0004
Fibra	0.00270	0.14	7.39	0.0016
Grasa	0.00530	0.19	5.25	<0.0001
Color				
L	4.85300	16.71	8.73	0.0015
a*	5.95500	6.38	97.60	0.0712
b*	3.25700	4.72	10.45	<0.0001
Azúcares totales	0.02990	0.45	1.50	<0.0001
Azúcares reductores	0.00190	0.12	0.53	<0.0001
Almidón	0.23190	1.26	1.33	<0.0001

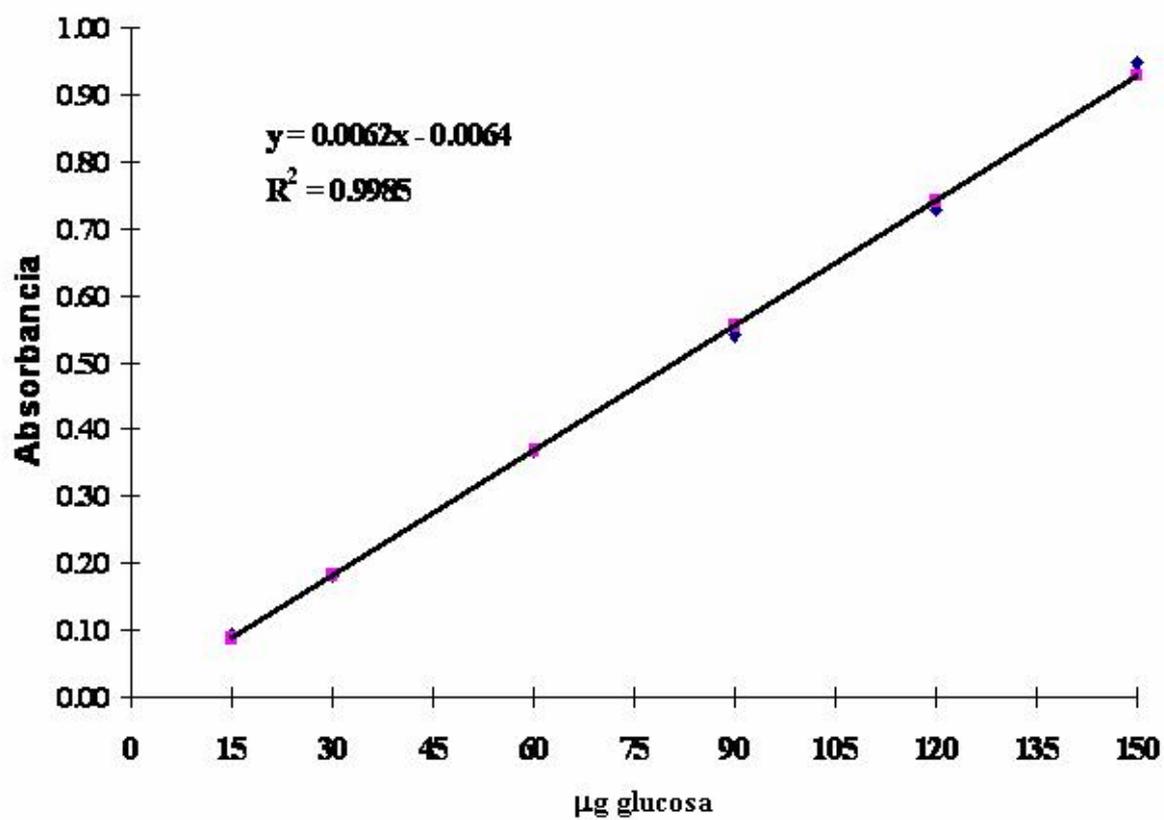
Resumen del análisis de varianza de las variables pérdidas de peso, acidez, sólidos solubles totales, color, azúcares totales, azúcares reductores, almidón y etanol en granos de elotes criollos almacenados en charolas de unicel con película plástica y en bolsas de polietileno al vacío (85 %)

Variable	Día	Cuadrado Medio	DMS	CV	Pr>F
		del Error			
Perdidas de peso	0	0	0	0	0
	10	0.08700	0.8113	15.5140	0.0361
	20	0.38100	1.5470	83.9560	0.6831
	30	0.10400	0.8100	300	0.4219
Acidez	0	0.00040	0.0580	2.3510	0.0001
	10	0.00060	0.0708	2.5860	<.0001
	20	0.00300	0.1500	4.9290	<.0001
	30	0.00800	0.2500	9.2900	<.0001
Sólidos solubles totales	0	3.41200	5.0630	24.9600	0.1949
	10	0.36500	1.6570	9.6910	0.1184
	20	0.09200	0.7600	4.9420	0.0975
	30	0.54500	1.8500	10.9150	0.4062
Color					
L	0	31.20800	15.3130	7.7780	0.0003
	10	13.01500	9.8830	4.9560	<.0001
	20	66.19700	20.3820	10.9080	0.0668
	30	16.22900	10.0920	5.3580	0.0026
a*	0	3.67800	5.2570	89.2710	<.0001
	10	0.75200	2.3780	43.6270	<.0001
	20	3.64800	4.7840	83.0440	0.0241
	30	0.75300	2.1740	31.9280	0.0011
b*	0	9.49400	8.4460	16.8950	<.0001
	10	17.05600	11.3210	22.0490	<.0001
	20	14.25600	9.4580	22.6920	0.0003
	30	13.80400	9.3070	20.5310	0.0001
Azúcares totales	0	4.02240	5.4976	17.5190	0.401
	10	0.38110	1.6922	11.0740	<.0001
	20	0.00250	0.1266	6.9250	<.0001
	30	0.00020	0.0373	6.6748	<.0001
Azúcares reductores	0	0.01420	0.3267	1.7370	<.0001
	10	0.43430	1.8065	24.4620	0.0418
	20	0.01190	0.2743	23.7360	0.0094
	30	10.76600	0.0245	10.7660	0.026
Almidón	0	22.61500	13.0360	13.3980	0.9989
	10	13.43300	10.0470	31.5130	0.0458
	20	14.26000	9.4601	28.2020	0.0589
	30	0.39250	1.5696	94.9300	0.1327
Etanol	0	0	0	0	0
	10	1.97412	0.3329	1.4046	<.0001
	20	91.27005	4.4866	8.1385	<.0001
	30	16.02573	8.3695	14.2612	0.3094

Curva estándar de glucosa para cuantificar el contenido de azúcares totales por el método Witham.



Curva estándar de glucosa para cuantificar el contenido de azúcares reductores por el método colorimétrico de Nelson y Somogy



Fotografías del establecimiento del experimento

