



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS
ALIMENTOS

EMPAQUE Y TIEMPO DE ALMACENAMIENTO DE
ESQUITES CRIOLLOS DE LA REGIÓN OTOMÍ TEPEHUA
DEL ESTADO DE HIDALGO

TESIS PROFESIONAL

QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PRESENTA:

MARTHA IBARRA GONZÁLEZ

DIRECTORA:

DRA. ALMA DELIA HERNÁNDEZ FUENTES

TULANCINGO DE BRAVO, HIDALGO, 2006

ÍNDICE

| CONTENIDO | Pág. |
|--|-------------|
| ÍNDICE DE CUADROS | i |
| INDICE DE FIGURAS | ii |
| APENDICE | ii |
| RESUMEN | iii |
| | |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| Objetivos | 2 |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA | |
| 2.1 Origen del maíz..... | 3 |
| 2.2 Clasificación botánica del maíz..... | 3 |
| 2.3 El maíz y su importancia en México..... | 3 |
| 2.4 Tipos de Maíz..... | 4 |
| 2.5 Usos del maíz..... | 5 |
| 2.6 Diferencia entre raza y variedad..... | 6 |
| 2.7 Razas de maíz en México..... | 6 |
| 2.7.1 Clasificación de razas..... | 7 |
| 2.8 Periodo vegetativo de la planta de maíz..... | 10 |
| 2.9 Estructura y características del grano de maíz..... | 10 |
| 2.9.1 Composición del grano por su textura y forma..... | 12 |
| 2.9.2 Composición química del grano de maíz dulce..... | 13 |
| 2.9.3 Maíz dulce..... | 14 |
| 2.10 Importancia del elote como hortaliza..... | 15 |
| 2.10.1 Volumen de producción de elotes..... | 15 |
| 2.11 Poscosecha del elote..... | 16 |
| 2.11.1 Condiciones de cosecha del elote..... | 16 |
| 2.11.2 Punto optimó del corte del elote..... | 16 |
| 2.11.3 Características de un elote de buena calidad..... | 17 |
| 2.11.4 Tasa de respiración del maíz dulce..... | 18 |

| | |
|--|----|
| 2.11.5 Tasa de producción de etileno..... | 19 |
| 2.11.6 Efecto de atmósferas controladas (AC) y atmósferas modificadas (AM)..... | 19 |
| 2.11.7 Envasado al vacío y en películas de polietileno..... | 20 |
| 2.12. Aspectos importantes en el almacenamiento y refrigeración de hortalizas mínimamente procesadas..... | 20 |
| 2.12.1 Aspectos históricos y comerciales de las hortalizas refrigeradas..... | 20 |
| 2.12.2 Importancia de la refrigeración de hortalizas..... | 21 |
| 2.12.3 Tratamiento para hortalizas mínimamente procesadas..... | 21 |
| 2.12.4 Tratamiento térmico en hortalizas..... | 22 |
| 2.12.5 Circulación y humedad del aire..... | 23 |
| 2.13 Evaluación sensorial..... | 24 |
| 2.13.1 Prueba de nivel de agrado o grado de satisfacción..... | 25 |
| 2.13.2 Escalas hedónicas..... | 25 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS | |
| 3.1 Características de la región..... | 26 |
| 3.2 Descripción de la materia prima..... | 26 |
| 3.3 Establecimiento del experimento..... | 26 |
| 3.4 Variables de estudio..... | 27 |
| 3.4.1 Pérdidas de peso..... | 27 |
| 3.4.2 Acidez titulable..... | 28 |
| 3.4.3 Color..... | 28 |
| 3.4.4 Azúcares totales..... | 29 |
| 3.4.5 Azúcares reductores..... | 29 |
| 3.4.6 Almidón..... | 30 |
| 3.4.7 Etanol y acetaldehído..... | 30 |
| 3.4.8 Análisis microbiológicos..... | 31 |
| 3.4.8.1 Preparación de muestras y diluciones..... | 31 |
| 3.4.8.2 Cuenta de microorganismos mesofílicos y psicofílicos aerobios..... | 31 |
| 3.4.8.3 Cuenta de microorganismos coliformes totales en placa..... | 32 |
| 3.4.8.4 Cuenta de hongos y levaduras..... | 33 |
| 3.4.9 Análisis sensorial..... | 33 |

| | |
|--|-----------|
| 3.5 Análisis de resultados..... | 35 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES..... | 36 |
| V. CONCLUSIONES..... | 51 |
| VI. BIBLIOGRAFÍA..... | 52 |
| VII. APÉNDICE..... | 57 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | | |
|-------------------|---|----|
| Cuadro 1. | Descripción de razas de maíces criollos más comunes en la región Otomí-Tepehua del Estado de Hidalgo..... | 9 |
| Cuadro 2. | Composición y valor energético del maíz dulce amarillo (valor nutritivo de 100 g valor comestible)..... | 14 |
| Cuadro 3. | Condiciones de almacenamiento y propiedades para alimentos perecederos, específicamente el maíz dulce (elote)..... | 24 |
| Cuadro 4. | Escala hedónica estructurada de 7 puntos..... | 34 |
| Cuadro 5. | Pérdida de peso en esquites de elote criollo amarillo, criollo rojo y criollo azul almacenado en charolas de unisel con película plástica, al vacío (85 %) y en bolsas resellables ziploc..... | 36 |
| Cuadro 6. | Acidez titulable en esquites de elote criollo amarillo, criollo rojo y criollo azul almacenados en charolas de unisel con película plástica, al vacío (85 %) y en bolsas resellables ziploc..... | 38 |
| Cuadro 7. | Color (L, a* y b*) en esquites de elote criollo amarillo, criollo rojo y criollo azul almacenados en charolas de unisel con película plástica, al vacío (85%) en bolsas resellables ziploc..... | 40 |
| Cuadro 8. | Contenido de Azúcares totales en esquite de elote criollo amarillo, criollo rojo y criollo azul almacenados en charolas de unisel con película plástica, al vacío (85 %) y en bolsa resellable ziploc..... | 43 |
| Cuadro 9. | Contenido de Azúcares reductores en esquite de elote criollo amarillo, criollo rojo y criollo azul almacenados en charolas de unisel con película plástica, al vacío (85 %) y en bolsa resellable ziploc..... | 45 |
| Cuadro 10. | Contenido de Almidón en esquite de elote criollo amarillo, criollo rojo y criollo azul, almacenados en charolas de unisel con película plástica, al vacío (85 %) y en bolsa resellable ziploc..... | 47 |
| Cuadro 11. | Contenido de Etanol en esquites de elote criollo amarillo, criollo rojo y criollo azul, almacenados en charolas de unisel con película plástica, al vacío (85 %) y en bolsas resellables ziploc..... | 49 |
| Cuadro 12. | Análisis microbiológicos de esquites de de elote criollo amarillo, criollo rojo y criollo azul, empacados al vacío al 85 % a 30 días de almacenamiento..... | 50 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|------|
| Figura 1. Grupos de maíz basados en la textura del grano..... | 13 |
| Figura 2. Elotes criollos..... | 17 |
| Figura 3. Cuestionario para la evaluación del grado de satisfacción de esquites..... | 35 |

APÉNDICE

| CUADROS | Pág. |
|--|------|
| Cuadro 1A. Resumen del análisis de varianza de las variables pérdidas de peso, acidez, color, azúcares totales, azúcares reductores, almidón y etanol en esquites de elotes criollos almacenados en charolas de unisel con película plástica, al vacío al 85 % y en bolsas resellables ziploc..... | 57 |

FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1A. Curva estándar de glucosa para cuantificar el contenido de azúcares totales por el método Witham..... | 58 |
| Figura 2A. Curva estándar de glucosa para cuantificar el contenido de azúcares reductores por el método colorimétrico de Nelson y Somogyi..... | 59 |
| Figura 3A. Secuencia del establecimiento del experimento..... | 60 |
| Figura 4A. Fotografías del diseño de tratamientos..... | 61 |
| Preparación de los reactivos para la determinación de azúcares reductores por el método colorimétrico de Nelson y Somogyi..... | 62 |
| Solución Buffer diluyente y solución de trabajo para análisis microbiológicos..... | 63 |
| Análisis de varianza (Prueba Sensorial)..... | 64 |

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.

Es importante generar alternativas de comercialización e industrialización que promuevan e incentiven la producción tanto de elote como de maíz para darle valor agregado, con lo que además se puede ayudar a conservar el germoplasma nativo. No hay reportes sobre las características sensoriales, de calidad y de conservación de esquites de elote criollo en estado natural o envasados para ser distribuidos más ampliamente en cuanto lugar y tiempo. El objetivo del presente trabajo fue. Evaluar el tiempo de almacenamiento de esquites utilizando charolas de unisel con película plástica, bolsas de polietileno con 85 % de vacío y bolsas resellables para conservar sus características iniciales de calidad.

Para ello se evaluó la influencia del tiempo de almacenamiento en la calidad inicial y final de esquites elaborados con granos de elotes criollos almacenados en refrigeración a una temperatura de 5 ± 1 °C con cuatro tiempos de almacenamiento a 0 (inicial), 10, 20 y 30 días, se establecieron nueve tratamientos al azar en base al color del grano de los esquites en donde los tres primeros se empacaron en charola con película plástica de poliolefina T₁ amarillos, T₂ rojo T₃ azul; los siguientes se embolsaron al vacío a 85 % T₄ amarillo T₅ rojo, T₆ azul; y finalmente se utilizaron bolsas resellables comerciales T₇ amarillo, T₈ rojo, T₉ azul en donde la unidad experimental consta de un empaque de 200 g de esquites, por cada tratamiento se tuvieron tres repeticiones, las variables evaluadas fueron: pérdida de peso, acidez titulable, color, azúcares totales, azúcares reductores, almidón, etanol y acetaldehídos, análisis microbiológicos (cuenta de microorganismos mesofílicos y psicofílicos aerobios, cuenta de microorganismos coliformes totales en placa, cuenta de hongos y levaduras) y análisis sensorial. Se realizó el análisis de varianza de las variables medidas y la prueba de comparación de medias mediante Tukey ($p \leq 0.05$). El tipo de empaque más adecuado a 5 ± 1 °C fueron las bolsas de polietileno al vacío 85 % las cuales alargaron el periodo de vida de anaquel de los esquites a 30 días respecto a las

charolas con película plástica y bolsas resellables sin modificar considerablemente las características físicas, químicas y organolépticas, los esquites amarillos presentaron las concentraciones más altas de azúcares totales, azúcares reductores y almidón en relación con los demás criollos, lo cual indica que éste esquite mantuvo por más tiempo su vida de anaquel sin embargo, en el análisis sensorial realizado a los esquites criollos amarillos, rojos y azules, se mostró mayor agrado en los esquites criollos rojos, lo cual indica que, debido a su bajo contenido de fibra (menor grosor del pericarpio) fueron más agradables para el panel aún cuando su contenido de azúcares no sea tan elevado como el elote tipo criollo amarillo.

I. INTRODUCCIÓN

En México el maíz es el alimento de mayor importancia, es la fuente energética principal en la dieta de los sectores mayoritarios de la población (González, 1995). En la región centro del país, que comprende parte de los estados de México, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo, Querétaro, Distrito Federal y Morelos, en el año 2004 se cosecharon 1'548,359 ha de maíz de riego y temporal (maíz amarillo, blanco, azul y pozolero), de las cuales, 1'272,656 ha o sea el 82 % fueron de temporal, así mismo, la producción nacional de maíz de temporal destinado a la comercialización como 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 mismo año 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 de maíz fue de 1.18 ton·ha⁻¹ mientras que para el elote el rendimiento fue de 2.98 ton·ha⁻¹, lo que sugiere que la producción de elote es mas rentable que la de grano (SAGARPA, 2004).

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 elotes (Olivares 1995). Una característica común de los elotes criollos sembrados en ésta región, es que son más dulces que los elotes comerciales, además en el estado de Hidalgo los esquites (granos de elote cocinados) son altamente aceptados por la población, sin embargo son productos que deben consumirse a más tardar el segundo día de elaborados porque pierden sus características organolépticas. Con base a lo anterior el objetivo general del presente trabajo es el siguiente:

Objetivo General

Evaluar el tiempo de almacenamiento en esquites utilizando charolas de unisel con película plástica, bolsas de polietileno con 85 % de vacío y bolsas resellables para conservar sus características iniciales de calidad.

Objetivos Específicos

- Cuantificar pérdidas de peso, acidez titulable, índice de color, azúcares totales, azúcares reductores, almidón, etanol y acetaldehído, análisis microbiológicos y análisis sensorial en esquites de elotes criollos amarillo, rojo y azul.
- Determinar el efecto de tres tipos de empaque y cuatro tiempos de almacenamiento en esquites, para su conservación.

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. (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 teosinta (*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 Norte de África (Hawthorn, 1983).

2.2 Clasificación botánica del 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 (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 (Parsons *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.

***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 y ensilaje para el consumo animal, producción de granos secos o como hortaliza en forma de elotes para el consumo humano (Parsons *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 más tiernas en estado inmaduro (Wills *et al.*, 1984).

2.6 Diferencia entre raza y variedades de maíz.

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 (Reyes, 1990).

2.7 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' y en conjunto representan más de 12,000 caracteres de cruzamientos naturales (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).

2.7.1 Clasificación de razas

De acuerdo a su derivación, las razas de maíz en México pueden dividirse en los siguientes grupos (Reyes, 1990; Wellhausen *et al.*, 1951; Citados por Espinosa, 2003):

A) Indígenas antiguas

Palomero toluqueño

Arrocillo amarillo

Chapalote

Nal-tel

D) Modernas incipientes

Chalqueño

Celaya

Cónico norteño

Bolita

B) Exóticas precolombinas

Cacahuacintle

Harinoso de ocho

Olotón

Maíz dulce

E) Serranas occidentales

Tablilla de ocho

Bofo

Gordo

Azul

Apachito

C) Mestizas prehistóricas

Cónico

Reventador

Tabloncillo

Tehua

Tepecintle

Comiteco

Jala

Zapalote chico

Zapalote grande

Pepitilla

Olotillo

Tuxpeño

Vandeño

F) Razas pobremente definidas

Conejo

Mushito

Zamorano amarillo

Maíz blando de Sonora

Onaveño

Dulcillo del noroeste

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 (Ruiz, 2002; Citado por Arreguín, 2002)

En el cuadro 1 se describe la morfología de la planta de maíz, mazorca y grano de algunas razas de maíz criollos más comunes en la región Otomí-Tepesua del Estado de Hidalgo.

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

| Razas | Nal-tel | Cacahuacintle | Dulce | Cónico | Tabloncillo | Olotillo | Vandeño | 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.

2.8 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.

2.9 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 pedículo (pedúnculo).

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. 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 %. Los carbohidratos constituyen generalmente la mayor parte del endospermo con 70 a 85 % de su peso. Se estima que los almidones constituyen más del 85% del total de los carbohidratos. 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 (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).

Pediculo o pedúnculo

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 negro conocido como capa hilar, que aparentemente funciona como un mecanismo de sellado cuando el grano llega a su madurez fisiológica (Inglett, 1970; Citado por Andrés, 2000).

2.9.1 Composición del grano por su textura y forma

El grano es muy variable en su tamaño, composición, textura y forma. Según Reyes, (1990) 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 (Figura 1).

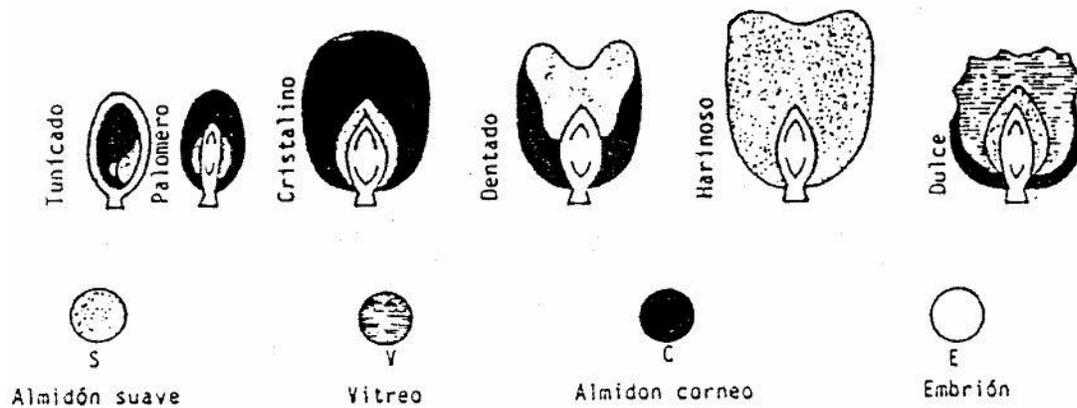


Figura 1. Grupos de maíz basados en la textura del grano, Fuente: Reyes, (1990).

Las diferentes texturas del endospermo conocidas comúnmente como tunicado, palomero, cristalino, dentado, harinoso y dulce se determinan principalmente por variaciones en la organización y tipos de los gránulos de almidón. 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).

2.9.2 Composición química del grano de maíz dulce.

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

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

| Maíz dulce amarillo como verdura fresca | |
|--|--------------|
| Composición | Valor |
| Agua | 73.9 (%) |
| Energía del alimento | 92 (Cal) |
| Proteína | 3.7 (g) |
| Grasa | 1.2 (g) |
| Total carbohidratos | 20.5 (g) |
| Fibra | 0.8 (g) |
| Cenizas | 0.7 (g) |
| Calcio | 9.0 (Mg) |
| Fósforo | 120 (Mg) |
| Hierro | 0.5 (Mg) |
| Valor de vitamina A | 390 (I.U.) |
| Tiamina | 0.15 (Mg) |
| Riboflavina | 12 (Mg) |
| Niacina | 1.7 (Mg) |
| Ácido ascórbico | 12 (Mg) |

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

2.9.3 Maíz dulce

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 (dentado y duro), 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).

2.10 Importancia del elote como hortaliza.

Anteriormente, el maíz solo podía ser utilizado para su consumo en estado seco o natural en forma de elote, 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; Citado por Arreguín, 2002).

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 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).

2.10.1 Volumen de producción de elotes.

En la República Mexicana 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 fríjol, 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; así mismo, una parte de la superficie destinada para cultivo de maíz es también para la producción de elote; la superficie destinada al cultivo de elotes es principalmente en tierras de riego; solo en algunos estados de la República como San Luis Potosí, Quintana Roo, Distrito Federal, Estado de México, Jalisco, Michoacán, Morelos y Puebla se siembran superficies considerables en tierras de temporal (SIAP-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.

2.11 Postcosecha de 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 con el dulzor, 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).

2.11.1 Condiciones de cosecha del elote

El elote se considera maduro para el consumo fresco o para el procesamiento de granos ‘baby’ 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, los 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).

2.11.2 Punto optimo 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 1 a 4 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. Las semillas que se consumen frescas se cosechan cuando su contenido en agua es del orden del 70 % (Wills *et al.*, 1984).

2.11.3 Características de un elote de buena calidad

Su masa es blanda. (Parsons *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 criollos.

De acuerdo con Olivares (1995) entre las características que debemos buscar para producir 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).
 - 7.- Para el caso de mazorcas recortadas, deshojadas o con un procesamiento mínimo (paquetes para el horno microondas) se tienen estándares adicionales de clasificación en cuanto a la apariencia, el largo y otros indicadores de calidad.

2.11.4 Tasa de Respiración del elote.

Los productos frescos respiran y transpiran mientras van cumpliendo con distintas etapas de su ciclo vital (maduración y 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).

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.

2.11.5 Tasa de producción de etileno.

Según Trevor y Cantwell, (2002), la tasa de producción de etileno para elote fresco es de 0.1 $\mu\text{L}/\text{kg}\cdot\text{h}$ a 20 °C. El etileno exógeno no se considera un factor importante en el manejo poscosecha del elote.

2.11.6 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 O_2 (3%) y elevados de CO_2 (10%) producen un retraso en la pérdida de contenido de sacarosa y conservan la apariencia de los elotes. Una AC a 5 °C es mejor que el almacenamiento bajo condiciones normales, pero el contenido de azúcar no se retiene como a 0 °C. El maíz dulce no tolera niveles bajos de O_2 (2%) o altos de CO_2 (mayor o igual a 20%) (Trevor y Cantwell, 2002).

Dentro de los empaques sellados, una microatmósfera se desarrolla saturada de agua y cantidad elevada de CO_2 y reducidas concentraciones de O_2 . Es conocido que ambos de estos cambios en la composición de gas atmosférico son beneficiosos para prolongar la vida poscosecha 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 no alarga la vida de estante, 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 O_2 selectas.

2.11.7 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).

2.12 Aspectos importantes en el almacenamiento y refrigeración de hortalizas mínimamente procesadas.

2.12.1 Aspectos históricos y comerciales de las 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).

2.12.2 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 atractivo 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 consciente de su salud, las hortalizas refrigeradas constituyen una fuente de vitaminas hidrosolubles y de carotenoides, y también una fuente de fibra. En tercer lugar, las mejoras experimentales por la tecnología de los alimentos refrigerados ha determinado la obtención de productos vegetales más atractivos, 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).

2.12.3 Tratamiento para hortalizas mínimamente procesadas

Shewfelt (1986); Citado por Arthey *et al.*, (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 ampliados, 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.

Villegas, (2005) menciona que 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 usadas para conservar su calidad; los PMP son empacados tanto en bolsas de películas plásticas como en bandejas de diversos tamaños y formas.

Watada *et al.*, (1996) indica que 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 almacenados a 5 °C incluso hasta 10 °C.

El 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).

2.12.4 Tratamiento térmico en hortalizas

Kratky y Vadehra, (1989); Citados por Arthey, (1992) indican que los fines primordiales de un tratamiento térmico consisten en reducir la carga microbiana inicial e inactivar las enzimas; en algunos casos el tratamiento térmico mejora también el color y el sabor, el tiempo y la temperatura son condiciones muy críticas del tratamiento térmico ya que solo influirá sobre la calidad sensorial, sino también sobre la vida útil, también han demostrado que a temperaturas de 60 °C escasamente inferiores, y un tratamiento de unos 3 minutos puede reducir la carga microbiana vegetativa inicial de forma importante sin afectar perjudicialmente la consistencia y el color de las hortalizas verdes. El producto se mantiene generalmente verde durante una vida útil de 3-4 semanas y las condiciones los mantienen firmes y crujientes. Estas temperaturas ligeras no alteran las membranas y el comportamiento de las hortalizas es más parecido al de los productos frescos que al de los tratados. Las hortalizas sometidas a un tratamiento térmico ligero pueden seguir conteniendo células vegetativas termoresistentes y esporas supervivientes capaces de multiplicarse durante la conservación de los productos refrigerados.

De acuerdo con Trevor y Cantwell, (2002) es común a nivel comercial o de consumidor un tratamiento corto en agua caliente (blanching) antes del congelamiento en elotes, lo que se puede minimizar en variedades superdulces debido a la actividad más baja de enzimas que modifican el sabor. Investigadores de UC Davis han demostrado que variedades superdulces típicamente requieren de un tratamiento en agua caliente de 4 minutos mientras que las dulces requieren de 6 minutos o más en mazorcas enteras. Investigaciones hechas por el USDA y por UC Davis muestran que en el almacenamiento de maíz superdulce congelado, aumenta la sacarosa y disminuyen los azúcares reductores más que en el maíz que no ha sido tratado con agua caliente, después de un almacenamiento por 8-9 meses, paneles sensoriales prefirieron el maíz superdulce tratado por sobre el no tratado.

2.12.5 Circulación y humedad del aire

Todos los alimentos varían en su capacidad para permitir el crecimiento fúngico y en su tendencia a deshidratarse, por lo que debe alcanzarse un equilibrio adecuado para cada alimento en concreto. En la mayoría de los productos se conoce qué valor óptimo de humedad relativa (HR) debe mantenerse en los recintos de almacenamiento en frío. En el cuadro 3 se muestra la temperatura y la humedad relativa para el maíz dulce (elote) así como su vida útil aproximada en almacenamiento y los datos necesarios para el cálculo de la carga de refrigeración entre otros (Potter y Hotchkiss, 1999).

Cuadro 3. Condiciones de almacenamiento y propiedades para alimentos perecederos, específicamente el maíz dulce (elote):

| Condiciones de almacenamiento para el elote | |
|--|--------------|
| Temperatura de almacenamiento (°F) | 31-32 |
| Humedad relativa (%) | 85-90 |
| Vida útil aproximada en días | 4-8 |
| Contenido de agua (%) | 73.9 |
| Punto de congelación (media en °F): | 30.8 |
| Calor específico del producto sin congelar | 0.79 |
| Calor específico del producto congelado | 0.42 |
| Calor latente de fusión (Btu/lb) | 106 |
| Calor de respiración (Btu/ton/24 h) | 6.560-61.950 |

Fuente: Extracto del cuadro de McCoy (1963). Datos adicionales en Lutz y Hardenburg, 1968 y en ASHRAE, 1978, 1981; Citado por Potter y Hotchkiss, 1999.

2.13 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial es la ciencia que se encarga de medir, analizar, describir y cuantificar las características de un alimento por medio de los sentidos del gusto, olfato, tacto, oído y vista. El análisis sensorial de los alimentos se lleva a cabo con diferentes pruebas, según sea la finalidad para la que se efectúe. Existen tres tipos principales de pruebas: Las pruebas afectivas, las discriminativas y las descriptivas. Las pruebas afectivas son aquellas en las cuales el juez expresa su reacción subjetiva ante el producto, indicando si le gusta o le disgusta, si lo acepta o lo rechaza, si lo prefiere a otro (Larmond, 1977; Citado por Anzaldúa-Morales *et al.*, 1984). Estas pruebas son las que presentan mayor variabilidad en los resultados y estos son más difíciles de interpretar, ya que se trata de apreciaciones completamente personales y como se dice comúnmente: en gustos se rompen géneros y sobre gustos no hay nada escrito, para éstas pruebas es necesario contar con un mínimo de 30 jueces no entrenados, y estos deben de ser consumidores habituales o potenciales y compradores del tipo de alimento en cuestión.

Las pruebas afectivas se clasifican en tres tipos: pruebas de preferencia, pruebas de nivel de agrado (grado de satisfacción) y pruebas de aceptación (Anzaldúa-Morales *et al.*, 1984).

2.13.1 Prueba de nivel de agrado ó grado de satisfacción

Las pruebas de nivel de agrado o grado de satisfacción se utilizan cuando se desea evaluar más de dos muestras a la vez o cuando se quiere obtener mayor información acerca de un producto, puede recurrirse a las pruebas de medición del grado de satisfacción. Estas son intentos para manejar más objetivamente datos tan subjetivos como son las respuestas acerca de cuanto les gusta o les disgusta un alimento.

Para llevar acabo estas pruebas se utilizan escalas hedónicas que son instrumentos de medición de las sensaciones placenteras o desagradables producidas por un alimento a quien lo prueba. Las escalas hedónicas pueden ser verbales o graficas, y la elección del tipo de la escala depende de la edad de los jueces y el número de muestras a evaluar (Anzaldúa-Morales *et al.*, 1983).

2.13.2 Escalas hedónicas.

Estas escalas son las que presentan a los jueces una descripción verbal de la sensación que les produce la muestra. Deben contener siempre un número non (impar) de puntos y debe incluir siempre en el punto central '**ni me gusta ni me disgusta**'. A este punto se le asigna generalmente la clasificación de cero. A los puntos de la escala por encima de este valor se le otorga valores numéricos positivos, indicando que las muestras son agradables; en cambio, a los puntos por debajo del valor de indiferencia se les asigna valores negativos, correspondiendo a calificaciones de disgusto. Esta ventaja de asignar valor numérico tiene la ventaja de que facilita muchos los cálculos y es posible reconocer al primer vistazo si una muestra es agradable o desagradable. (Anzaldúa-Morales *et al.*, 1983). La suposición de que el contenido de azúcar alto en elote es mas agradable al consumidor ha sido probada verdaderamente en estudios hechos por Wann *et al.*, (1971) en elotes frescos, almacenados y enlatados de cultivares modificados genéticamente *ae* (*amylose extender*), *dull* (*du*) y *waxy* (*wx*) y por Showalter y Miller, (1962) en grano tipo superdulce *shrunk-2* (*sh2*) genéticamente modificado comparado con granos estándar de venta al detalle.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Características de la Región.

Los elotes criollos amarillo, rojo y azul utilizados en el presente estudio fueron cosechados en el Municipio de Acaxochitlán, Hidalgo; este se encuentra a 69 km de distancia de la capital del estado de Hidalgo, 20°10' latitud norte y 98° 12' latitud oeste; tiene una altura sobre el nivel del mar de 2,260 m., colinda al norte y al este con el Estado de Puebla, al 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. (Enciclopedia de los Municipios de México, 1987).

3.2 Descripción de la materia prima

Se cosecharon elotes en madurez horticultural de tres tipos de criollos de color amarillo, rojo y azul en estado lechoso provenientes de la región Otomí-Tepehua del Municipio de Acaxochitlán, Estado de Hidalgo, México.

3.3 Establecimiento del Experimento.

Una vez cosechados los elotes se depositaron en bolsas de nylon y se trasladaron al Centro de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de los Alimentos (CICyTA), en donde se introdujeron en una cámara de refrigeración para eliminar el calor del campo (a), se les desprendieron manualmente las brácteas y los estigmas, se seleccionaron eliminando aquellos que tuvieron granos podridos y daños mecánicos para homogeneizar la muestra (b), posteriormente se desgranaron por separado de acuerdo al color del elote (c) y se prepararon los esquites mediante la siguiente formulación:

Para 1 Kg. de grano de elote se empleó 0.70 % epazote (*Chenopodium ambrosioides L.*) (7 g); 0.76 % sal de mesa (7.6 g); 3.5 % chiles jalapeños variedad tuxpeño (3.5 g); 8.6 % margarina marca Iberia (86 g). Se colocó la margarina en una marmita a 80 °C, se adicionaron los granos de elote (d), se agregó la sal, el epazote finamente picado y los chiles jalapeños desvenados y picados en cuadritos, se movieron con una pala de madera por espacio de 20 minutos hasta alcanzar una temperatura de 95 °C y una textura suave al tacto (e), se retiraron del recipiente y se procedió a empacarlos (f), a una temperatura de aproximadamente 74 °C en charolas de unisel cubiertas con película plástica de poliolefina, en bolsas de polietileno (Coex 230x300/200-5c) al vacío al 85% generado por una empacadora (VC999) y en bolsas resellables marca ziploc, posteriormente fueron almacenados en una cámara de refrigeración a una temperatura de 5 ± 1 °C, con la finalidad de realizar las determinaciones correspondientes (Figura 3A).

El diseño de tratamientos se estableció al azar en base al color de los granos de los esquites (Figura 4A) teniéndose un total de nueve tratamientos, los tres primeros se empacaron en charola con película plástica de poliolefina T₁ amarillos, T₂ rojo, T₃ azul; los siguientes se embolsaron al vacío a 85 % T₄ amarillo, T₅ rojo, T₆ azul y finalmente se utilizaron bolsas resellables comerciales T₇ amarillo, T₈ rojo, T₉ azul; se tuvieron cuatro tiempos de almacenamiento 0, 10, 20, y 30 días, donde la unidad experimental consta de un empaque de 200 g de esquites, por cada tratamiento se tuvieron tres repeticiones, las variables evaluadas fueron:

3.4. Variables de estudio.

3.4.1 Pérdidas de peso en esquites.

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

$$\% \text{ Pérdida de peso} = \frac{P_i - P_{pi}}{P_i} \times 100$$

Donde:

P_i = Peso inicial (g).

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

3.4.2 Acidez titulable (Ácido cítrico).

Se determinó por el Método 942.15 del A.O.A.C. (1997). Se pesaron 10 gramos de muestra de esquites, 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:

$$\text{Acidez (g/l)} = \frac{V \times N \times 0.213 \times 1000}{m \times a}$$

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.

3.4.3 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).

3.4.4 Azúcares totales

Mediante el método descrito por Witham *et al.*, (1971). Los esquites 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 más y se filtró nuevamente, los dos extractos obtenidos se depositaron en un mismo vial formando la solución madre, se almacenaron 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 agregó con una bureta 6 ml de reactivo de antrona (0.4 g de antrona Meyer disuelta en 100 ml de ácido sulfúrico concentrado) manteniéndolos 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 (Figura 1A) 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.

3.4.5 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 ensayo por triplicado, se le agregó a cada tubo 1 ml de reactivo de cobre (preparado con la solución I Reactivo de Nelson y II Reactivo de Cobre 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

Reactivo de arsenomolibdato, se agitó en el 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 (Figura 2A) 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, se llevaron a 1 ml con agua destilada y se le agregaron los reactivos como a las muestras evaluadas.

3.4.6 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; 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.

3.4.7 Etanol y acetaldehído (mg·100 g⁻¹ extracto).

Por el método Davis y Chace (1969). Se tomaron tres extractos de esquite 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 el vortex. 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:

$$\frac{\text{Área muestra} \times \text{Concentración acetaldehído}}{\text{Área estándar acetaldehído}} = \text{Acetaldehído}$$

$$\frac{\text{Área muestra} \times \text{Concentración etanol}}{\text{Área estándar etanol}} = \text{Etanol}$$

3.4.8 Análisis Microbiológicos:

3.4.8.1 Preparación de muestras y diluciones.

Se realizó siguiendo la metodología de la NOM-110-SSA1-1994. Se tomaron 10 ml de muestra y se diluyeron en 90 ml de solución stock de fosfato de potasio monobásico estéril (KH₂PO₄) y se realizaron las diluciones decimales pertinentes de las cuales, se inoculó 1 ml en cajas petri estériles desechables.

3.4.8.2 Cuenta de microorganismos mesofílicos y psicofílicos aerobios.

Se realizó según la NOM-092-SSA1-1994. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. Se utilizó agar para métodos estándar (BD Bioxon) se preparó según las instrucciones del fabricante y se esterilizó a 121 ° C durante 15 minutos.

Se realizaron las diluciones decimales de 10^{-3} a 10^{-5} . Se transfirió 1 ml de muestra y de cada una de las diluciones a cajas petri estériles en la campana de flujo laminar, se agregaron de 12 a 15 ml de medio preparado y mantenido a una temperatura de 45 ± 1 °C en baño maría, se mezcló con la muestra mediante seis movimientos de derecha a izquierda, seis en el sentido de las manecillas del reloj, seis en sentido contrario y seis de atrás hacia delante sobre una superficie lisa y horizontal hasta que se logró una completa incorporación del inóculo en el medio, se dejaron solidificar, se incubaron las cajas en posición invertida a una temperatura de 35 ± 2 °C por 48 ± 2 h para mesofílicos aerobios y para psicofílicos a 5 ± 2 °C de 7 a 10 días

Para obtener los resultados se seleccionaron las placas donde aparecieron de 25 a 250 colonias para realizar el recuento con el auxilio del lente de aumento y de la cuadrícula del contador de colonias Leica Québec Darkfield. Se multiplicó por la inversa de la dilución para obtener el número de colonias por gramo de muestra.

3.4.8.3 Cuenta de microorganismos coliformes totales en placa.

Se realizó mediante el método NOM-113-SSA1-1994. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. Se utilizó de agar bilis rojo violeta (RVBA) deshidratado (BD Bioxon), se preparó según las instrucciones del fabricante y se esterilizó a 121 °C durante 15 minutos. Se realizaron las diluciones decimales de 10^{-3} a 10^{-5} , se transfirió 1 ml de cada dilución a cajas petri estériles, se agregó de 15 a 20 ml del medio agar bilis rojo violeta mantenido a 45 ± 1 °C, se mezcló correctamente el medio con la muestra dejando solidificar, se agregó aproximadamente 4 ml del mismo medio extendiéndolo para cubrir la superficie, se dejó solidificar y se incubaron las cajas en posición invertida a 35 ± 2 °C durante 24 ± 2 horas, se contó el número de colonias en cada caja y se multiplicó por la inversa de la dilución, al obtener resultado positivo se realiza la tinción de Gram esquematizando los microorganismos observados al microscopio.

Se separaron las placas que contenían entre 15 y 150 colonias características en dos diluciones consecutivas, se calculó el número de coliformes por gramo del producto, multiplicando el número de colonias por el inverso de la dilución correspondiente tomando los criterios de la NOM-092-SSA1-1994. Método para la cuanta de bacterias aerobias en placa.

3.4.8.4 Cuenta de hongos y levaduras

Por el método de la NOM-111-SSA1-1994. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos. Se utilizó agar papa dextrosa deshidratado (BD Bioxon), se preparó según las instrucciones del fabricante, se esterilizó en autoclave a 121 °C durante 15 minutos así como la solución estéril de ácido tartárico al 10 % y la solución buffer diluyente, se realizaron las diluciones decimales 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} , se transfirió 1 ml de muestra y de cada una de sus diluciones a cajas petri estériles, se agregaron de 15 a 20 ml del medio de cultivo fundido acidificado con la solución de ácido tartárico 10 % hasta un pH de 3 (aproximadamente 1.5 ml por 100 ml del medio) y mantenido a una temperatura de 45-48 °C en baño maría, se mezcló con la muestra (6 movimientos de derecha a izquierda, 6 en el sentido de las manecillas del reloj, 6 en sentido contrario 6 de atrás hacia delante) sobre una superficie lisa horizontal, se dejó solidificar. Se incubaron las cajas en posición invertida a una temperatura de 25 ± 2 °C durante 5 días. Se consideraron las cuentas de placas con 10 a 150 colonias, se multiplicó por el inverso de la dilución, tomando en cuenta los criterios de la NOM-092-SSA1-1994. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.

3.4.9 Análisis sensorial

Para la determinación se utilizó la prueba afectiva de grado de satisfacción (Anzaldúa-Morales *et al.*, 1994) donde el juez expresa su reacción subjetiva ante el producto, indicando cuanto le gusta o le disgusta, si lo acepta o lo rechaza, o si lo prefiere a otro, con la finalidad de conocer objetivamente las respuestas de los jueces acerca de cuanto les gusta o les disgustan los esquites bajo estudio, se utilizaron escalas hedónicas estructuradas para calificar el grado de satisfacción global de la muestra, como se indica en el cuadro 4.

Cuadro 4. Escala hedónica estructurada de siete puntos.

ESCALA HEDÓNICA DE SIETE PUNTOS

| Descripción | Valor |
|-----------------------------------|--------------|
| Me gusta mucho | 3 |
| Me gusta | 2 |
| Me gusta ligeramente | 1 |
| Ni me gusta ni me disgusta | 0 |
| Me disgusta ligeramente | -1 |
| Me disgusta | -2 |
| Me disgusta mucho | -3 |

Fuente: Anzaldúa-Morales, 1994.

El análisis se realizó con un grupo de 31 jueces consumidores formado por tesisistas y maestros del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, en el laboratorio de análisis sensorial del CICYTA, las muestras de esquiotes criollos empaquetadas en bolsas de polietileno de 200 g cada una fueron extraídas de la cámara de refrigeración con una temperatura de 5 ± 1 °C y calentadas en horno de microondas por 2 minutos, a cada juez se le presentaron 3 muestras (esquiotes criollo amarillo, criollo rojo y criollo azul) en recipientes de plástico de 30 ml de capacidad codificados con cifras aleatorias, con 20 gramos de muestra cada uno así como un cuestionario de escalas hedónicas (Figura 3) con la finalidad de conocer el grado de satisfacción global de las muestras.

Nombre: _____ Fecha: _____

Producto: **ESQUITES**

Pruebe las muestras de esquites que se le presentan e indique, **según la escala**, su opinión sobre ellas.

Marque con una **X** el renglón que corresponda a la calificación para cada muestra

MUESTRAS

| ESCALA | 243 | 456 | 512 |
|----------------------------|------------|------------|------------|
| Me gusta mucho | _____ | _____ | _____ |
| Me gusta | _____ | _____ | _____ |
| Me gusta ligeramente | _____ | _____ | _____ |
| Ni me gusta ni me disgusta | _____ | _____ | _____ |
| Me disgusta ligeramente | _____ | _____ | _____ |
| Me disgusta | _____ | _____ | _____ |
| Me disgusta mucho | _____ | _____ | _____ |
| Comentarios: | _____ | | |
| | _____ | | |
| | _____ | | |

MUCHAS GRACIAS

Figura 3. Cuestionario para la evaluación del grado de satisfacción. (Anzaldúa-Morales *et al.*, 1994).

3.5 Análisis de resultados

Para el análisis de resultados se utilizó el programa estadístico SAS (1999), con un diseño completamente al azar. Se realizó el análisis de varianza y la prueba de comparaciones múltiples de medias de Tukey ($p \leq 0.05$).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

Pérdidas de peso

Se observaron diferencias estadísticas significativas en pérdidas de peso en los esquites criollos amarillo, criollo rojo y criollo azul, empacados en charolas con película plástica, al vacío al 85 % y en bolsas resellables ziploc almacenadas a 0, 10, 20 y 30 días, a medida que se prolongó el periodo de almacenamiento se incrementó el porcentaje de pérdidas de peso, principalmente en las charolas con película plástica (Cuadro 5).

Cuadro 5. Pérdida de peso (%) en esquites de elote criollo amarillo, criollo rojo y criollo azul almacenados en charolas de unisel con película plástica, en bolsas de polietileno al vacío (85 %) y en bolsas resellables ziploc.

| Esquites de elotes criollos almacenados en charolas con película plástica, en bolsas de polietileno al vacío y en bolsas resellables. | Pérdida de peso (%) | | | |
|---|---------------------------|---------|---------|---------|
| | -----Días----- Inicial | 10 | 20 | 30 |
| Charolas con película plástica. | | | | |
| Criollo amarillo | 0.00 | 0.64 ab | 2.41 bc | 3.71 ab |
| Criollo rojo | 0.00 | 0.65 ab | 2.74 ab | 3.51 b |
| Criollo azul | 0.00 | 1.46 a | 3.90 a | 5.21 a |
| Bolsas de polietileno al vacío (85%) | | | | |
| Criollo amarillo | 0.00 | 0.96 ab | 1.15 cd | 1.15 c |
| Criollo rojo | 0.00 | 0.17 b | 0.17 d | 0.17 c |
| Criollo azul | 0.00 | 1.17 b | 1.00 cd | 1.67 c |
| Bolsas resellables ziploc | | | | |
| Criollo amarillo | 0.00 | 0.49 ab | 0.82 d | 1.15 c |
| Criollo rojo | 0.00 | 0.62 ab | 0.93 d | 1.25 c |
| Criollo azul | 0.00 | 0.48 ab | 1.27 cd | 1.59 c |
| DMS | 0.00 | 1.06 | 1.45 | 1.69 |

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

DMS: Diferencia mínima significativa.

A los 10 y 20 días de almacenamiento los esquites criollos rojos empacados al vacío al 85 % presentaron la menor pérdida de peso con 0.17 %. Los esquites criollo amarillo, rojo y azul empacados al vacío al 85 % y en bolsas resellables ziploc presentaron las menores pérdidas de peso al final del periodo de almacenamiento a los 30 días, y no se observaron diferencias estadísticas significativas entre ellos sin embargo, el valor mas bajo se observó en los esquites criollos rojos empaquetados al vacío al 85 % con un valor de 0.17 %, sin observar cambios durante el almacenamiento. Alfonzo *et al.*, (2002) indicaron que el almacenamiento de vegetales congelados puede provocar pérdidas de humedad asociadas con las propiedades del material de empaque, encontrándose reducciones de 4.5 % en el peso del producto almacenado, estos valores de pérdidas de peso son mas altos que los reportados en los esquites criollos estudiados.

Acidez titulable (% ácido cítrico)

Se observaron diferencias estadísticas significativas en acidez titulable en los esquites criollos amarillo, criollo rojo y criollo azul, empacados en charolas con película plástica, al vacío al 85 % y bolsas resellables ziploc a los 0.10, 20 y 30 días de almacenamiento (Cuadro 6).

Al inicio del almacenamiento los esquites criollo azul empacados al vacío al 85 % presentaron el menor contenido de acidez titulable, siguiendo los esquites criollo azul empacados en bolsas resellables ziploc, con valores de 0.66 y 0.67 % respectivamente, a medida que aumentó el tiempo de almacenamiento, los valores de acidez titulable tendieron a disminuir respecto al valor inicial.

A los 10 días de almacenamiento los valores de acidez más bajos los presentaron los esquites criollo amarillo y criollo rojo empacados al vacío al 85% con un 0.30 y 0.32 % así como el esquite criollo amarillo empacado en bolsas resellables ziploc con un 0.38 %. Sin embargo, a los 20 días de almacenamiento los valores más bajos en acidez se observaron en los esquites criollo rojo y criollo azul empacados al vacío al 85 % ambos con un 0.38 % y en esquite criollo amarillo empacados en charola con película plástica con 0.42 %.

Cuadro 6. Acidez titulable (%) en esquites de elote criollo amarillo, criollo rojo y criollo azul almacenados en charolas de unisel con película plástica, en bolsas de polietileno al vacío (85 %) y en bolsas resellables ziploc.

| Esquites de elotes criollos almacenados en charolas con película plástica, en bolsas de polietileno al vacío y en bolsas resellables. | Acidez (%) | | | |
|---|------------|--------|--------|--------|
| | Inicial | 10 | 20 | 30 |
| Charolas con película plástica. | | | | |
| Criollo amarillo | 0.94 a | 0.85a | 0.42c | 0.19d |
| Criollo rojo | 0.73dc | 0.62b | 0.47bc | 0.38b |
| Criollo azul | 0.85 b | 0.58bc | 0.66a | 0.43a |
| Bolsas de polietileno al vacío (85%) | | | | |
| Criollo amarillo | 0.73 c | 0.30d | 0.54b | 0.37b |
| Criollo rojo | 0.70cde | 0.32d | 0.38c | 0.39b |
| Criollo azul | 0.66e | 0.42cd | 0.38c | 0.30c |
| Bolsas resellables ziploc | | | | |
| Criollo amarillo | 0.74c | 0.38d | 0.45bc | 0.32c |
| Criollo rojo | 1.00a | 0.96a | 0.72a | 0.41ab |
| Criollo azul | 0.67dc | 0.62b | 0.73a | 0.40ab |
| DMS | 0.06 | 0.18 | 0.09 | 0.04 |

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

Al final del periodo de almacenamiento a los 30 días presentaron menor contenido de acidez titulable los esquites criollos amarillos empacados en charolas con película plástica con un valor de 0.19 %. Ramírez *et al.*, (2004) encontraron que en elotes de híbrido congelados y almacenados a -18 °C durante 90 días con un escaldado previo se observó que la acidez disminuyó a los 45 días de almacenamiento en el híbrido 2010 y 2004 y aumentó a los 90 días de almacenamiento (0.16, 0.12 y 0.19 %) y (0.16, 0.15 y 0.21 %) respectivamente, por otra parte Alfonzo *et al.*, (2002) encontraron valores de acidez que disminuyeron con el tiempo de almacenamiento de 0.36 a 0.21 % en variedades Krispy King, 0.23 a 0.14 % en variedad Víctor y 0.27 a 0.15 % en el híbrido 324 en cultivares de elotes superdulces congelados a -10 °C por 120

días con un tratamiento térmico previo a 93 °C por 10 minutos, observándose un comportamiento parecido al de los esquites criollos estudiados lo cual pudo ser debido al bajo crecimiento microbiano determinado por la temperatura de almacenamiento y el proceso de cocción.

Color

Se observaron diferencias estadísticas significativas en color (L, a* y b*) en esquites de elote criollo amarillo, criollo rojo y criollo azul almacenados a 10, 20 y 30 días en charola de unisel con película plástica, al vacío al 85 % y en bolsas resellables ziploc (Cuadro 7).

Al inicio del periodo de almacenamiento el valor de L más alto se observó en esquite criollo rojo almacenado en bolsas resellables ziploc con 72.23 por lo cual presenta una mayor brillantez, el valor de más alto de a* (rojo a verde) se observó en esquite criollo rojo almacenado en charola con película plástica con 4.00 seguido de esquite criollo amarillo en charola con película plástica y en bolsas resellables ziploc con 3.82 y 3.76 y el valor más elevado de b* (amarillo a azul) se observó en criollo amarillo empacado en bolsas resellables ziploc con 34.44, sin embargo conforme se prolongó el periodo de almacenamiento, el valor de L aumentó en forma general excepto en esquites criollos rojos empacados en bolsas resellables ziploc con valores de 72.23 a 71.38, observando que si L aumentó, en los esquites se presentó cierta decoloración, el valor de a* tendió a aumentar excepto en esquite criollo amarillo empacado en charola con película plástica de 3.82 a 3.58 y en esquites criollos rojos empacados en charola con película plástica y al vacío al 85 % con valores de 4.00 a 0.07 y 1.04 a -0.07 respectivamente, el valor de b* tendió a mantenerse en los esquites empacados al vacío al 85 % mientras que presentó un aumento en esquites criollos azules empacados en charolas con película plástica y en bolsas resellables ziploc con 8.47 a 13.09 y 3.07 a 14.31, así como en esquite criollo rojo empacado en charola con película plástica con valor de 4.00 a 16.72.

Cuadro 7. Color (L, a* y b*) en esquite de elote criollo amarillo, criollo rojo y criollo azul almacenados en charolas de unisel con película plástica, en bolsas de polietileno al vacío (85%) y en bolsas resellables ziploc.

| Esquites criollos almacenados en charolas de unisel, en bolsas de polietileno al vacío y en bolsas resellables. | Color | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|--------|---------|---------|--------|----------|--------|---------|----------|--------|---------|---------|
| | -----Días----- | | | | | | | | | | | |
| | Inicial | | | 10 | | | 20 | | | 30 | | |
| | L | a* | b* | L | a* | b* | L | a* | b* | L | a* | b* |
| Charolas con película plástica. | | | | | | | | | | | | |
| Criollo amarillo | 65.72ab | 3.82a | 28.15ab | 68.53a | 2.36a | 26.06ab | 70.49a | 4.07a | 31.28ab | 69.07a | 3.58ab | 26.27ab |
| Criollo rojo | 60.41abc | 4.00a | 10.21cd | 65.99ab | 2.44a | 16.08cd | 67.19a | 2.35a | 14.72cd | 64.54a | 0.07abc | 16.72bc |
| Criollo azul | 58.93bc | -3.69b | 8.47cd | 50.36c | -3.29b | 2.41e | 61.72a | -2.67bc | 8.41d | 61.86a | -1.16bc | 13.09c |
| Bolsas de polietileno al vacío (85%) | | | | | | | | | | | | |
| Criollo amarillo | 66.54ab | 1.13ab | 27.69ab | 66.87a | 2.83a | 26.35ab | 71.19a | 4.45a | 32.63a | 70.84a | 3.55ab | 31.64a |
| Criollo rojo | 68.05ab | 1.04ab | 18.95bc | 65.98ab | 3.00a | 17.78bc | 69.11a | 0.81ab | 15.59bcd | 68.92a | -.07abc | 16.58bc |
| Criollo azul | 56.76bc | -3.94b | 8.65cd | 54.69c | -4.07b | 7.27de | 58.88a | -3.44c | 8.59d | 60.50a | -3.60c | 8.13c |
| Bolsas resellables ziploc | | | | | | | | | | | | |
| Criollo amarillo | 68.37ab | 3.76a | 34.44a | 69.66a | 2.73a | 27.75a | 69.56a | 2.51a | 29.51abc | 71.70a | 4.35a | 35.27a |
| Criollo rojo | 72.23a | -.86ab | 18.04bc | 70.79a | 1.30ab | 16.99bcd | 72.77a | 1.19ab | 19.27abc | 71.38a | 1.68ab | 17.20bc |
| Criollo azul | 49.53c | -3.25b | 3.07d | 55.40bc | -3.43b | 7.25de | 61.09a | -2.25bc | 7.40d | 67.10a | -.47abc | 14.31bc |
| DMS | 12.68 | 6.00 | 13.25 | 10.91 | 5.59 | 9.82 | 18.74 | 4.13 | 16.15 | 13.57 | 5.14 | 12.70 |

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

DMS: Diferencia mínima significativa.

A los 10 días de almacenamiento el valor de L más alto se observó en esquite de elote criollo rojo empacado en bolsas resellables ziploc con 70.79, seguido de los esquites criollos amarillos en bolsas resellables ziploc, en charolas con película plástica y al vacío al 85 % con valores de 69.66, 68.53 y 66.87 respectivamente, sin observar diferencias estadísticas significativas entre éstos, el valor más alto de a* se observó en criollo rojo almacenado al vacío al 85 % con 3.00, b* presentó el valor más alto en esquite criollo amarillo empacado en bolsas resellables ziploc con 27.75. A los 20 días de almacenamiento no se observaron diferencias estadísticas significativas

en el valor de L, sin embargo el valor más alto lo presentó el esquite criollo rojo empacado en bolsas resellables ziploc con 72.77, el valor de a^* más alto lo presentaron los esquites criollos amarillos empacados al vacío al 85 %, en charolas con película plástica y en bolsas resellables ziploc, con 4.45, 4.07, y 2.51 así como el esquite criollo rojo empacado en charola con película plástica con 2.35 sin observar diferencias estadísticas entre éstos, en b^* se presentó el valor más elevado en criollo amarillo empacado al vacío al 85 %. A los 30 días de almacenamiento no se observaron diferencias estadísticas significativas en los valores de L siendo el más alto el esquite criollo amarillo empacado en bolsas resellables ziploc con 71.70, el valor de a^* y b^* más alto se observó en esquite criollo amarillo empacado en bolsas resellables ziploc con 4.35 y 35.27 respectivamente. En general se observó una tendencia a la decoloración del esquite en relación con L.

Azúcares totales

Se observaron diferencias estadísticas significativas en el contenido de azúcares totales en esquites de elote criollo amarillo, criollo rojo y criollo azul almacenados a 10 y 20 días empacadas en charolas con película plástica y en bolsas resellables ziploc y a 10, 20 y 30 días de almacenamiento empacados al vacío al 85% (Cuadro 8).

Al inicio del periodo de almacenamiento presentaron los valores más altos de azúcares totales los esquites de elotes criollos amarillos empacados en charola con película plástica con $14.91 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ pf, a medida que se prolongó el periodo de almacenamiento se observó una disminución en el contenido de azúcares totales y posteriormente un aumento en los esquites criollos amarillos en charola con película plástica y en los tres esquites criollos amarillo, rojo y azul empacados al vacío al 85 % así mismo el esquite criollo amarillo empacado en bolsas resellables ziploc igualmente presentó valores de azúcares totales sucesivamente más altos respecto al valor inicial. A los 10 días de almacenamiento el valor de azúcares totales más alto se presentó en esquites de elote criollo azul empacados al vacío al 85 % con $11.29 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ pf, seguido de esquites de elote criollo amarillo empacados tanto en charolas con película plástica como al vacío al 85% y en bolsas resellables ziploc con valores de 10.46, 10.49 y $9.39 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ pf respectivamente. A los 20 días de almacenamiento los esquites que presentaron valores mayores de azúcares totales fueron

los esquites de elote criollo amarillo almacenados al vacío 85% y en bolsas resellables ziploc con valores de 16.90 y 16.69 mg·g⁻¹ pf respectivamente, seguidos de los esquites criollos azules y criollos rojos empacados al vacío al 85 % con 16.51 y 13.85 mg·g⁻¹ pf así como criollos amarillos empacados en charolas con película plástica con 14.51 mg·g⁻¹ pf mismos que no presentaron diferencias estadísticas significativas entre ellos.

El periodo máximo de vida de anaquel para los esquites de elote criollo amarillo, criollo rojo y criollo azul empacados en charolas con película plástica y en bolsas resellables ziploc fue de 20 días, después de éste periodo se presentaron hongos, olor desagradable y apariencia viscosa, mientras que los esquites empacados al vacío al 85 % a los 30 días se encontraban en condiciones aceptables y sin la presencia de hongos, observándose el mayor contenido de azúcares totales en el esquite de elote criollo amarillo y criollo rojo empacado en bolsas de polietileno al vacío 85% con 14.96 y 14.44 mg·g⁻¹ pf respectivamente. Al respecto Bertorelli *et al.*, (2002) encontraron una disminución en los azúcares en el enlatado de híbridos maíz superdulce fresco lo cual pudo ocurrir en las etapas de cortado, esterilización y almacenamiento, presentando valores de azúcares totales entre 40.35 a 29.36 % en variedad Víctor superdulce (*sh*₂) y 39.42 a 36.68 en variedad Krispy King superdulce (*sh*₂), y de 44.06 a 20.49 en variedad XZ dulce (*su*), mismos que son más elevados que los valores de azúcares totales de esquites criollos estudiados, debido a las mejoras genéticas, sin embargo presentan el mismo comportamiento decreciente que se observó en esquites criollos rojos y azules empacados en charolas con película plástica y en bolsas resellables ziploc, lo cual pudo ser debido al empaque utilizado y al crecimiento microbiano, Barret *et al.*, (2000) indicaron que el contenido total de mono y disacáridos de muestras 'blanched' (escaldadas) por 4, 6 u 8 minutos en cultivares de elote superdulce fresco alcanzaron de 7 a 9 , mientras que en 2 cultivares dulces promediaron de 2.7 a 3.7 y de 4.0 a 8.8 mg·g⁻¹ respectivamente, almacenados a -18 °C por 9 meses. Lo cual indica un aumento de azúcares, comportamiento parecido al de esquites criollos almacenados al vacío y esquites criollos amarillos en charolas con película plástica y en bolsas resellables ziploc, lo cual puede ser influido por el tipo de elote criollo utilizado, el tipo de empaque o el crecimiento microbiano dentro del mismo.

Cuadro 8. Contenido de Azúcares totales ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) en esquite de elote criollo amarillo, criollo rojo y criollo azul almacenados en charolas de unisel con película plástica, en bolsas de polietileno al vacío (85 %) y en bolsa resellable ziploc.

| Esquites de elotes criollos almacenados en charolas con película plástica, en bolsas de polietileno al vacío y en bolsas resellables. | Azúcares totales ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ pf) | | | |
|---|--|---------|--------|--------|
| | -----Días----- | | | |
| | Inicial | 10 | 20 | 30 |
| Charolas con película plástica. | | | | |
| Criollo amarillo | 14.91a | 10.46ab | 14.51a | ----- |
| Criollo rojo | 6.66ed | 4.11de | 1.83b | ----- |
| Criollo azul | 12.00ab | 2.65e | 1.87b | ----- |
| Bolsas de polietileno al vacío (85%) | | | | |
| Criollo amarillo | 10.72bc | 10.49ab | 16.90a | 14.96a |
| Criollo rojo | 9.43bcd | 8.32bc | 13.85a | 14.44a |
| Criollo azul | 11.32bc | 11.29a | 16.51a | 12.33b |
| Bolsas resellables ziploc | | | | |
| Criollo amarillo | 5.15e | 9.39ab | 16.69a | ----- |
| Criollo rojo | 8.14ecd | 2.07e | 2.77b | ----- |
| Criollo azul | 5.88e | 6.48dc | 1.80b | ----- |
| DMS | 3.25 | 2.38 | 3.05 | 1.88 |

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

Azúcares reductores

Se observaron diferencias estadísticas significativas en el contenido de azúcares reductores en esquites de elote criollo amarillo, criollo rojo y criollo azul almacenados a 10 y 20 días empacados en charola con película plástica y en bolsas resellables ziploc y a 10, 20 y 30 días de almacenamiento empacados al vacío al 85% (Cuadro 9).

Al inicio del periodo de almacenamiento el valor más alto de azúcares reductores se presentó en esquite de elote criollo rojo empacado en bolsas resellables ziploc con $3.54 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ pf y a medida que se prolongó el periodo de almacenamiento se presentó una tendencia creciente de los valores

en esquites empacados al vacío y en los esquite criollos amarillos empacados en charola con película plástica y en bolsas resellables ziploc respectivamente mostrando un aumento gradual en el contenido de azúcares reductores hasta los 20 días de almacenamiento, mismo que disminuyó ligeramente al final del periodo de almacenamiento en esquites almacenados al vacío al 85 %. A los 10 días de almacenamiento presentaron valores mayores los esquites de elotes criollo azul empacado al vacío al 85% con $5.37 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1} \text{ pf}$ seguidos de los esquites de elotes criollos amarillos empacados tanto en bolsas resellables ziploc como al vacío al 85 % y en charolas con película plástica con 4.75, 4.09 y $3.99 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1} \text{ pf}$ respectivamente. A los 20 días de almacenamiento el valor de azúcares reductores más alto se observó en los esquites de elotes criollo rojo empacados al vacío al 85% con $7.34 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1} \text{ pf}$.

A los 30 días de almacenamiento los esquites empacados al vacío al 85 % se encontraban en condiciones aceptables de calidad, observándose el mayor contenido de azúcares reductores en los esquites de elote criollo amarillo empacado al vacío al 85% con $5.18 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1} \text{ pf}$. Berterolli *et al.*, (2002) reportaron valores decrecientes de azúcares reductores en maíces dulces y superdulces frescos enlatados, en un rango de 10.20 a 2.68 % en variedad Krispy King superdulce (sh_2) y de 9.76 a 2.40 % en la variedad Víctor superdulce (sh_2) así también de 13.00 a <2.35 en híbrido XZ dulce (su), comportamiento similar al del esquite criollo azul estudiado que presentó valores de 2.61 a $0.47 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1} \text{ pf}$ y esquite criollo rojo empacado en bolsas resellables ziploc con valores de 3.54 a $0.67 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1} \text{ pf}$. Por otra parte, Barret *et al.*, (2000) indicaron que el contenido total de mono y disacáridos de muestras 'blanched' (escaldadas) por 4, 6 u 8 minutos en cultivares de elote superdulce alcanzaron de 7 a 9, mientras que en 2 cultivares dulces promediaron de 2.7 a 3.7 y de 4 a $8.8 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1} \text{ pf}$ respectivamente, en muestras almacenados a $-18 \text{ }^\circ\text{C}$ por 9 meses. Lo cual indica un aumento de azúcares, comportamiento similar al de esquites criollos amarillos en los tres tipos de empaque y esquites criollos rojos en charolas con película plástica y al vacío al 85 %, lo cual puede ser influido por el tipo de empaque o el crecimiento microbiano y las características del criollo bajo estudio. Los esquites empacados en charolas con película plástica y en bolsas resellables ziploc presentaron un periodo máximo de vida de anaquel de 20 días mostrando apariencia viscosa, hongos y olor desagradable.

Cuadro 9. Contenido de Azúcares reductores ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ pf) en esquite de elote criollo amarillo, criollo rojo y criollo azul almacenados en charolas de unisel con película plástica, en bolsas de polietileno al vacío (85 %) y en bolsas resellables ziploc.

| Esquites de elotes criollos almacenados en charolas con película plástica, en bolsas de polietileno al vacío y en bolsas resellables. | Azúcares reductores ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ pf) | | | |
|---|---|--------|-------|-------|
| | -----Días----- | | | |
| | Inicial | 10 | 20 | 30 |
| Charolas con película plástica. | | | | |
| Criollo amarillo | 2.10b | 3.99ab | 5.31a | ----- |
| Criollo rojo | 2.07b | 0.84d | 2.31b | ----- |
| Criollo azul | 2.61ab | 1.27dc | 2.23b | ----- |
| Bolsas de polietileno al vacío (85%) | | | | |
| Criollo amarillo | 2.09b | 4.09ab | 5.91a | 5.18a |
| Criollo rojo | 2.71ab | 3.23bc | 7.34a | 4.48b |
| Criollo azul | 2.59ab | 5.37a | 6.12a | 1.90c |
| Bolsas resellables ziploc | | | | |
| Criollo amarillo | 2.71ab | 4.75ab | 5.59a | ----- |
| Criollo rojo | 3.54a | 0.55d | 0.67b | ----- |
| Criollo azul | 2.30ab | 1.20d | 0.47b | ----- |
| DMS | 1.27 | 1.96 | 2.19 | 0.69 |

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

Almidón

Se observaron diferencias estadísticas significativas en el contenido de almidón en esquites de elote criollo amarillo, criollo rojo y criollo azul almacenados a 10 y 20 días empacados en charolas con película plástica y en bolsas resellables ziploc y a 10, 20 y 30 días de almacenamiento empacadas al vacío al 85 % (Cuadro 10).

Al inicio del almacenamiento se observó el valor más alto de almidón en los esquites de elote criollo amarillo empacados en charola con película plástica con $40.05 \text{ mg g}^{-1} \text{ pf}$, a medida que se

incrementó el periodo de almacenamiento en los esquites de elote criollo amarillo, rojo y azul empacados en charola con película plástica presentaron una caída y posteriormente un aumento en el contenido de almidón, los esquites criollo amarillo, criollo rojo y criollo azul envasados al vacío al 85% aumentaron paulatinamente el contenido de almidón y al final del periodo de almacenamiento disminuyeron, los esquites de elote criollo amarillo en bolsas resellables ziploc aumentaron gradualmente en el contenido de almidón, mientras que el criollo rojo y criollo azul en el mismo empaque disminuyeron respecto al valor inicial de almidón. A los 10 días de almacenamiento se presentó el valor más elevado de almidón en los esquites de elote criollo azul almacenado al vacío 85% con 59.97, a los 20 días de almacenamiento el valor más alto de almidón se presentó en esquite criollo azul empacado al vacío al 85 % con 79.18 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ pf seguido de los esquites criollos amarillos en el mismo tipo de empaque con 75.84 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ pf y en charolas con película plástica con valor de 67.09 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ pf respectivamente sin observar diferencias estadísticas significativas entre ellos.

Los esquites empacados en bolsas de polietileno al vacío 85 % a los 30 días se encontraban en condiciones aceptables de calidad, presentando un mayor contenido de almidón el esquite de elote criollo amarillo con 53.61 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ pf sin presentar diferencias estadísticas significativas respecto a los otros dos valores. Al respecto, Olsen *et al.*, (1990) encontraron valores en un rango de 15 a 24.2 $\text{g}\cdot 100\text{g}$ pf en variedad Aussie Gold 12 dulce (*su*) y de 21.4 a 23.8 $\text{g}\cdot 100\text{g}$ pf en variedad Rosella 425 dulce (*su*) almacenados a temperaturas de 1, 4, 7 y 18 °C por 10 días, los rangos encontrados en los dos cultivares de elote fueron de 15.0 a 23.9 $\text{g}\cdot 100\text{g}$ pf y 22.2 a 26.6 $\text{g}\cdot 100\text{g}$ pf respectivamente, hubo una tendencia general a incrementarse los niveles de almidón con el incremento de las temperaturas de almacenamiento, tendencia que fue observada en esquites criollos almacenados al vacío al 85 % y esquites criollos amarillos empacados en charolas con película plástica y en bolsas resellables ziploc encontrando valores más elevados de almidón en los esquites criollos bajo estudio, así mismo en el cultivar sucro superdulce (*sh*₂) la fracción de almidón fue significativamente baja antes del almacenamiento y esta tendencia continuó durante todo el almacenamiento, en un rango de 11.4 a 7.8 $\text{g}\cdot 100\text{g}$ pf a 7 °C en 4 días de almacenamiento y de 14.3 a 10.3 $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ pf a 7 °C en 10 días de almacenamiento, comportamiento similar a esquites criollos rojos y azules almacenados en charola con película plástica y en bolsas resellables ziploc, con valores más altos de almidón que los reportados por

Olsen *et al.*, (1990). El periodo máximo de vida de anaquel para los esquetes empacados en charolas con película plástica y en bolsas resellables ziploc fue de 20 días

Cuadro 10. Contenido de Almidón ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ pf) en esquite de elote criollo amarillo, criollo rojo y criollo azul, almacenados en charolas de unisel con película plástica, en bolsas de polietileno al vacío (85 %) y en bolsa resellable ziploc.

| Esquetes de elotes criollos almacenados en charolas con película plástica, en bolsas de polietileno al vacío y en bolsas resellables. | Almidón ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ pf) | | | |
|---|---|---------|---------|--------|
| | Inicial | 10 | 20 | 30 |
| Charolas con película plástica. | | | | |
| Criollo amarillo | 40.05a | 38.51b | 67.09a | ----- |
| Criollo rojo | 17.43ecd | 10.42c | 14.01dc | ----- |
| Criollo azul | 30.14b | 6.24c | 14.40c | ----- |
| Bolsas de polietileno al vacío (85 %) | | | | |
| Criollo amarillo | 30.69b | 45.91ab | 75.84a | 53.61a |
| Criollo rojo | 25.96bc | 39.73b | 48.79b | 42.82a |
| Criollo azul | 31.69ab | 59.97a | 79.18a | 38.68a |
| Bolsas resellables ziploc | | | | |
| Criollo amarillo | 9.67e | 29.97b | 39.91b | ----- |
| Criollo rojo | 25.27bcd | 7.84c | 1.23e | ----- |
| Criollo azul | 16.27ed | 30.32b | 1.50de | ----- |
| DMS | 9.06 | 16.87 | 12.73 | 18.64 |

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

Etanol y acetaldehídos.

Se observaron diferencias estadísticas significativas en el contenido de etanol en esquites de elotes criollo amarillo, criollo rojo y criollo azul almacenados a 0, 10, 20 y 30 días empacados en charola con película plástica, al vacío al 85% y en bolsas resellables ziploc (Cuadro 11).

Al inicio del periodo de almacenamiento no se cuantificaron los valores de etanol debido a que se inició con ceros, al prolongarse el tiempo de almacenamiento se observó un aumento en el contenido de etanol respecto al valor inicial en todos los tipos de esquites y empaques. A los 10 días de almacenamiento el valor más bajo de etanol se presentó en esquite de elote criollo azul con 6.87 y 6.91 mg·100 g⁻¹ extracto empacados tanto en bolsas resellables como al vacío al 85% respectivamente, sin observar diferencias estadísticas significativas entre ellos, A los 20 días de almacenamiento el valor de etanol más bajo se presentó en esquite de elote criollo amarillo almacenado en charolas con película plástica con 9.59 mg·100 g⁻¹ extracto y el mayor valor en esquites criollos azules empacados en bolsas resellables ziploc con 80.57 mg·100 g⁻¹ extracto Al final del periodo de almacenamiento a los 30 días, el valor de etanol mínimo se observó en los esquites de elote criollo amarillo con 22.39 y 27.59 mg·100 g⁻¹ respectivamente empacados tanto al vacío 85 % como en charola con película plástica sin observar diferencias estadísticas entre ellos, así mismo el valor más elevado se presentó en esquite criollo azul almacenado en bolsas resellables ziploc con 102.85 mg·100 g⁻¹ extracto, no se observó presencia de acetaldehídos en ninguna de las muestras de esquite evaluadas. Spalding *et al.*, (1978) reportaron en maíz dulce fresco almacenado por 3 semanas en atmósferas controladas y a baja presión que el contenido de etanol se incrementó significativamente en todas las atmósferas, excepto en 21 % de O₂ y sin CO₂ (151 mg·100 g⁻¹) similar al maíz dulce con baja presión (293 mg/100 g), en general, la alta concentración de CO₂ incrementó la concentración de etanol de 25 a 651 mg·100 g⁻¹, valores más elevados que los encontrados en los esquites criollos estudiados, sin embargo siguen la misma tendencia a aumentar, lo cual pudo ser debido al tiempo de almacenamiento que propicia el crecimiento bacteriano y el consecuente incremento de etanol dentro de los empaques.

Cuadro 11. Contenido de Etanol ($\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ extracto) en esquites de elote criollo amarillo, criollo rojo y criollo azul, almacenados en charolas de unisel con película plástica, en bolsas de polietileno al vacío (85 %) y en bolsas resellables ziploc.

| Esquites de elotes criollos almacenados en charolas con película plástica, en bolsas de polietileno al vacío y en bolsas resellables. | Etanol ($\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ extracto) | | | |
|---|---|--------|---------|---------|
| | -----Días----- | | | |
| | Inicial | 10 | 20 | 30 |
| Charolas con película plástica | | | | |
| Criollo Amarillo | 0.0 | 9.56c | 9.59g | 27.59f |
| Criollo Rojo | 0.0 | 20.14a | 31.28c | 36.73e |
| Criollo Azul | 0.0 | 19.47a | 29.68dc | 65.25c |
| Bolsas de polietileno al vacío (85 %) | | | | |
| Criollo Amarillo | 0.0 | 8.24cd | 17.43e | 22.39f |
| Criollo Rojo | 0.0 | 7.04de | 11.04fg | 51.81d |
| Criollo Azul | 0.0 | 6.91de | 27.43d | 75.44b |
| Bolsas resellables ziploc | | | | |
| Criollo Amarillo | 0.0 | 17.59b | 13.77f | 51.14d |
| Criollo Rojo | 0.0 | 8.91c | 73.25b | 75.41b |
| Criollo Azul | 0.0 | 6.87e | 80.57a | 102.85a |
| DMS | 0.0 | 1.33 | 2.97 | 6.68 |

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

Análisis Microbiológicos

En relación con la calidad microbiológica (Cuadro 12), los resultados indicaron que en general, los esquites de elote criollo amarillo, criollo rojo y criollo azul mostraron buena calidad a los 30 días de almacenamiento, confirmado por los bajos valores de hongos y levaduras y por la ausencia de mesofílicos, psicofílicos y coliformes en las muestras. Los hongos y levaduras encontrados es debido a que estos microorganismos pueden desarrollarse en un rango de temperatura de 0 a 40 °C incluyendo temperaturas de refrigeración Camacho *et al.*, (2002). La

ausencia de mesofílicos es evidente debido a que no se observó una disminución de azúcares totales utilizada como fuente de energía para su crecimiento ni un aumento de acidez en los esquites estudiados, la ausencia de psicofílicos puede ser atribuible al empacado al vacío debido a que son bacterias aerobias, la ausencia de coliformes indica buenas prácticas de higiene durante el procesamiento así mismo su inhibición se atribuye a la temperatura de refrigeración de 5 ± 1 °C y al empacado al vacío, en general la población microbiana se mantuvo entre 3 y 5.01 (log UFC/g), al respecto la NOM-130-SSA1-1995 especifica un límite negativo de UFC/g ó ml de microorganismos mesofílicos aerobios para vegetales envasados en recipientes con cierre hermético y sometidos a tratamiento térmico que asegure su esterilidad comercial así mismo para alimentos sometidos a tratamiento térmico envasados asépticamente.

Cuadro 12. Análisis microbiológicos (Log UFC/g) de esquites de elote criollo amarillo, criollo rojo y criollo azul, empacados en bolsas de polietileno al vacío (85 %) a 30 días de almacenamiento.

| Esquites de elote criollo empacados en bolsas de polietileno al vacío (85 %) | Hongos y levaduras (Log UFC/g) |
|---|---------------------------------------|
| Criollo amarillo | 4.04 |
| Criollo rojo | 4.14 |
| Criollo Azul | 5.01 |

Análisis Sensorial.

No se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) en el análisis sensorial efectuado en muestras de esquites criollo amarillo, criollo rojo y criollo azul empacados al vacío al 85 %, a los 30 días de almacenamiento a una temperatura de 5 ± 1 °C. Sin embargo, cabe destacar que aunque no se observaron diferencias estadísticas significativas, los esquites criollos rojos presentaron mayor nivel de agrado, seguido de los esquites criollos azules y por último fueron los esquites criollos amarillos.

V. CONCLUSIONES.

Los esquites de los elotes criollos rojos empacados en bolsas de polietileno al vacío 85 % y almacenados a una temperatura de 5 ± 1 °C, presentaron menor porcentaje de pérdidas de peso, menor decoloración, y mayor grado de satisfacción por el panel en la prueba sensorial realizada; así mismo, los esquites amarillos en el mismo tipo de empaque incrementaron el contenido de azúcares totales, azúcares reductores y almidón, mostraron el menor número de colonias de hongos y levaduras y menor contenido de etanol a los 30 días de almacenamiento.

Los esquites de los elotes criollos amarillos empacados en charola de unisel con película plástica almacenados a un temperatura de 5 ± 1 °C presentaron el menor contenido de acidez titulable a 30 días de almacenamiento.

De los tres tipos de esquites evaluados, las charolas de unisel con película plástica y las bolsas resellables mostraron crecimiento de hongos, apariencia viscosa y olor desagradable a 20 días de almacenamiento.

La temperatura de almacenamiento 5 ± 1 °C influyó de manera positiva en la conservación de los esquites de elotes criollos ya que se mantuvieron las características de calidad visual y organoléptica mostrando incremento en las concentraciones de azúcares totales, azúcares reductores y almidón durante el almacenamiento.

Los esquites de elote criollo amarillo presentaron inicialmente valores más elevados de azúcares totales, azúcares reductores y almidón respecto a los rojos y azules, una vez almacenados a 30 días mantuvieron el valor más alto de azúcares totales, azúcares reductores y almidón y el más bajo contenido de etanol y de hongos y levaduras en relación con los demás esquites criollos, lo cual indica que mantuvieron por más tiempo sus características.

Los esquites se pueden almacenar en bolsas de polietileno al 85 % de vacío hasta 30 días mientras que en charolas de unisel con película plástica y en bolsas resellables solo 10 días.

VI. BIBLIOGRAFIA.

Alfonzo B., Camacho C., Bertorelli O. y Venanzi F. 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.

Andrés G. J. y Guzmán B. L. 2000. Comparación de la calidad del grano en maíces criollos y sus versiones genéticamente mejoradas por retro cruza limitada. Tesis de Licenciatura. UACH. México. pp. 6-7

Anzaldúa-Morales, 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica. Universidad Autónoma de Chihuahua, México. Editorial Acribia, S.A., Zaragoza, España. pp. 67-74 132-133, 161-166 y 173.

AOAC (1997) Official Method of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington U.S.A.

Auki, H.N. Koji. 2001. Functionality and novel application of natural food colorant. Gekkan Fudo Kemikaru. 17(1), pp.65-72.

Arreguín M. J. 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 C. 1992. Procesado de hortalizas. Traducido por Pedro Ducar Malvenda. Editorial Acribia S.A., España, 1992. pp 140-145, 148-151

Ballesta A. J., Lloveras, F., Calvet A. 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

Barret D., García E., Russell G., Ramírez E. and Shirazi A. 2000. Blanch time and cultivar effects on quality of frozen and stored corn and broccoli. Journal of Food Science. 65(3) pp. 536.

Bertorelli L., Venanzi F., Braunnier A. y Camacho C. 2002. Adaptabilidad de granos de híbrido de maíz super dulce *sh2* al procesamiento industrial. II Enlatado. Instituto de Química y Tecnología, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. 52(4) pp.7- 8.

Bringas L. 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 F. 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. y Cheftel, H., 1992 Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos. Vol. 1. 2a. reimposición. Traducido del francés por López C. F. Editorial Acribia, S. A., España. pp.135-146.

Davis, P.L. and W.G. Chace. 1969. Determination of alcohol in citrus juice by gas chromatographic analysis of headspace. Hortscience 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. 1998. Elementos de Tecnología de los Alimentos. Décima tercera reimposición 1998. Compañía editorial Continental S.A. de C. V. México. pp. 155-160

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.

FIRA, 1998. Boletín informativo: Oportunidades de desarrollo del maíz mexicano, alternativas de competencia. México, D.F. p. 34

Gao Y. 2000. Characteristics and utilization of black sweet corn. Shipin Kexue (Beijing). 21(12). pp 59-61.

González A. U. 1995. El maíz y su conservación. Editorial Trillas. México. pp. 28-31.

Hawthorn, J.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. Xolocoltzin. Revista de Geografía Agrícola. Tomo II. UACH. México. pp. 35-115.

Jugenheimer W. R. 1981. Maíz, Variedades Mejoradas, Método de Cultivo y Producción de Semillas. Ed. Limusa S.A. México D. F. pp. 670.

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.

Nelson, N. 1944. A photometric adaptation of Somogy method for the determinación of glucose. J. Biol. Chem. 153. pp. 395-380.

NOM 092-SSA1-1994. Bienes y servicios, método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.

NOM 110-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Preparación y dilución de muestra de alimentos para su análisis microbiológico.

NOM 111-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuanta de mohos y levaduras en alimentos.

NOM 113-SSA1-1994. Bienes y servicios, Método para la cuanta de microorganismos coliformes totales en placa.

NOM 130-SSA1-1995, Bienes y servicios. Alimentos envasados en recipiente de cierre hermético y sometidos a tratamiento térmico. Disposiciones y especificaciones sanitarias.

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 J. E. 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 Rodríguez C. 1979. Estudio de carbohidratos en variedades mexicanas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L. y *Phaseolus coccineus* L.). Agrociencia 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.

Parsons 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. N. y Hotchkiss H. J. 1999. Ciencia de los alimentos. Editorial Acribia, S.A., Zaragoza, España. pp. 179-189.

Ramírez M., Martínez M., Ortíz B. y Venanzi F. 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. A.G.T. Editores, S.A. México. pp. 47-60.

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.

SAS. 1999. Versión 8. SAS/STAT^R. User Guide, SAS. Institute Incorporation., Cary, N.C.

Showalter, R.K. and Miller R.W.1962. Consumer preference for high-sugar sweet corn varieties. Proc. Fla. State Hort. Soc. 75. pp.

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.

Somogy, M. 1952. Notes on sugar determinación. J. Biol. Chem. 195. pp. 19-23.

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.

Suslow T. y 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. Department of Pomology, University of California, Davis. pp 1-3.

Türk R., Turgut J. and Aydın Croglu S. 2001. Quality changes of sweet corn cultivars during cold storage. *Acta Hort. Science* 553. pp. 759-761.

Turrent F., A. 1994. Plán de investigación del sistema maíz-tortilla en la región centro. CIRCE, INIFAP, SARH, Publicación Especial No. 12, Chapingo, México. pp. 55.

Villegas C. A. 2005. Cambios en la calidad de frutos de Litchi mínimamente procesados. Tesis licenciatura. ICAP-UAEH. pp. 1-15.

Wann, E.V., Brown G.B. and Hills W.A. 1971. Genetic modifications of sweet corn quality. *J. Amer. Soc. Hort. Science*. 96. pp. 441-444.

Watada A., K. and Minott, D. 1996. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. *Postharvest Biol. Tech.* 9. pp 115-125.

Wills, R.H., Lee T. H., McGlasson W.B., Hall E.G. y Graham D. 1984 Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas postrecolección. Traducido por Burgos, G. J. Editorial Acribia, S. A., Zaragoza, España. pp. 22- 40.

Witham, F.H., Blaydes., and R.M. Devlin. 1971. *Experiments in plant physiology*. VanNostrand Reinhold Company. New York. pp 245.

VII. APÉNDICE

Cuadro 1A. Resumen del análisis de varianza de las variables pérdidas de peso, acidez, Color, Azúcares totales, Azúcares reductores, Almidón y Etanol en esquistes de elotes criollos almacenados en charolas de unisel con película plástica, al vacío al 85 % y en bolsas resellables ziploc.

| Variable | Día | Cuadrado Medio del Error | DMS | CV | Pr>F |
|---------------------|-----|--------------------------|--------|---------|---------|
| Pérdidas de peso | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | 10 | 0.1397 | 1.0694 | 50.490 | 0.0158 |
| | 20 | 0.2587 | 1.4552 | 31.723 | <0.0001 |
| | 30 | 0.3510 | 1.695 | 27.424 | <.0001 |
| Acidez | 0 | 0.0004 | 0.0616 | 2.7467 | <.0001 |
| | 10 | 0.0042 | 0.1865 | 11.499 | <.0001 |
| | 20 | 0.0011 | 0.0954 | 6.2674 | <.0001 |
| | 30 | 0.0002 | 0.0412 | 4.0087 | <.0001 |
| Color L | 0 | 19.651 | 12.682 | 7.040 | 0.0002 |
| | 10 | 14.562 | 10.917 | 6.043 | <.0001 |
| | 20 | 42.943 | 18.748 | 9.796 | 0.1494 |
| | 30 | 22.524 | 13.578 | 7.049 | 0.0686 |
| a* | 0 | 4.399 | 6.001 | 942.35 | 0.0002 |
| | 10 | 3.820 | 5.591 | 447.73 | 0.0002 |
| | 20 | 2.0861 | 4.1321 | 184.56 | <.0001 |
| | 30 | 3.2310 | 5.1425 | 204.09 | 0.0006 |
| b* | 0 | 21.692 | 13.325 | 26.581 | <.0001 |
| | 10 | 11.798 | 9.8267 | 20.893 | <.0001 |
| | 20 | 31.901 | 16.159 | 30.359 | <.0001 |
| | 30 | 19.713 | 12.702 | 22.295 | <.0001 |
| Azúcares totales | 0 | 1.2920 | 3.2519 | 12.1439 | <.0001 |
| | 10 | 0.6923 | 2.3805 | 11.4706 | <.0001 |
| | 20 | 1.1381 | 3.0521 | 11.067 | <.0001 |
| | 30 | 0.5652 | 1.8834 | 5.4039 | 0.0114 |
| Azúcares reductores | 0 | 0.1972 | 1.2706 | 17.573 | 0.0163 |
| | 10 | 0.4709 | 1.9634 | 24.3745 | <.0001 |
| | 20 | 0.5887 | 2.1952 | 19.199 | <.0001 |
| | 30 | 0.0766 | 0.6934 | 7.1809 | <.0001 |
| Almidón | 0 | 10.041 | 9.0658 | 12.553 | <.0001 |
| | 10 | 34.801 | 16.877 | 19.738 | <.0001 |
| | 20 | 19.811 | 13.734 | 11.713 | <.0001 |
| | 30 | 55.408 | 18.647 | 16.527 | 0.1124 |
| Etanol | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | 10 | 0.2177 | 1335 | 4.008 | <.0001 |
| | 20 | 1.009 | 2.974 | 2.999 | <.0001 |
| | 30 | 5.4619 | 6.686 | 4.135 | <.0001 |

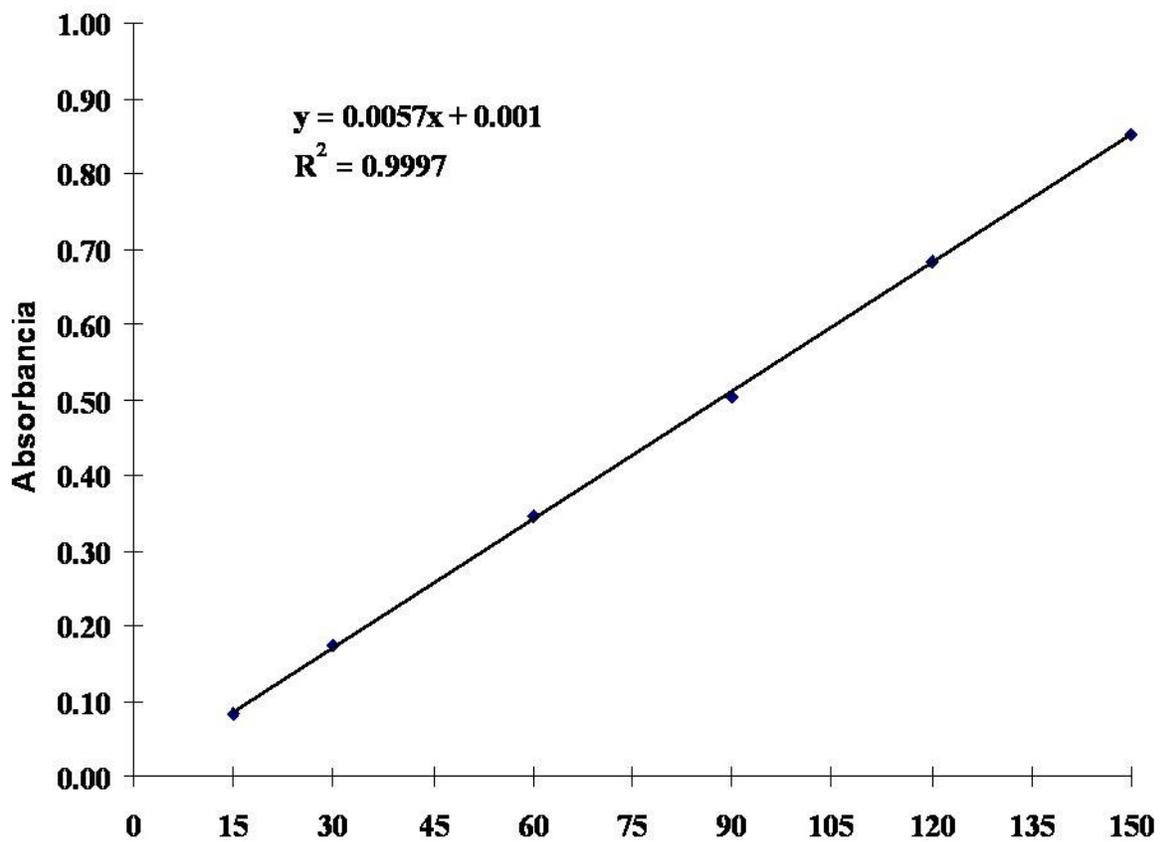


Figura 1A. Curva estándar de glucosa para cuantificar el contenido de azúcares totales por el método Witham.

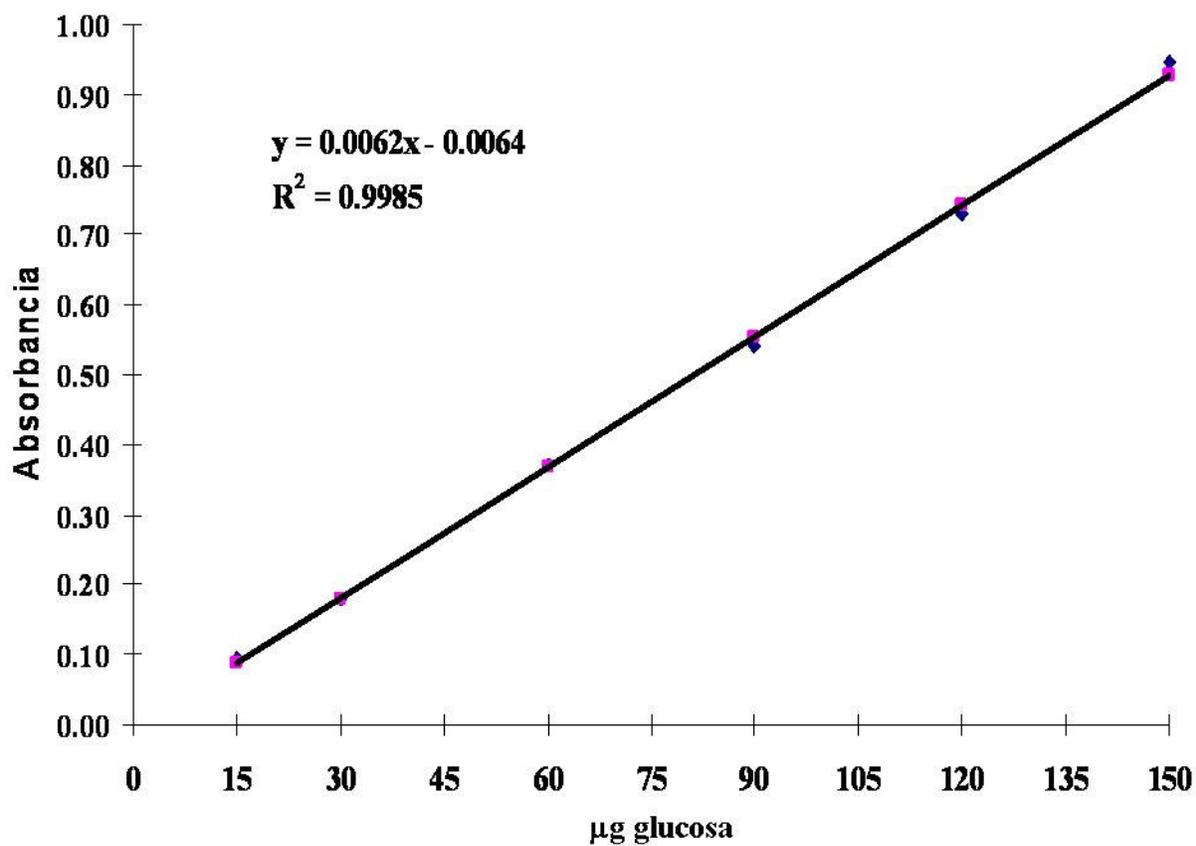


Figura 2A. Curva estándar de glucosa para cuantificar el contenido de azúcares reductores por el método colorimétrico de Nelson y Somogy.



a)



b)



c)



d)



f)



e)

Figura 3A. Secuencia del establecimiento del experimento.

ESQUITES DE ELOTES CRIOLLOS AMARILLOS



TRATAMIENTO 1

TRATAMIENTO 4

TRATAMIENTO 7

ESQUITES DE ELOTES CRIOLLOS ROJOS

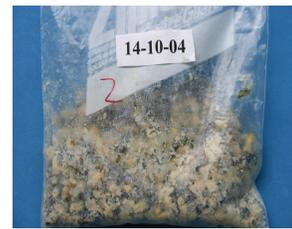


TRATAMIENTO 2

TRATAMIENTO 5

TRATAMIENTO 8

ESQUITES DE ELOTES CRIOLLOS AZULES



TRATAMIENTO 3

TRATAMIENTO 6

TRATAMIENTO 9

Figura 4A. Fotografías del Diseño de tratamientos.

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

Solución I. Reactivo de Nelson.

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

25 g de Na_2CO_3 (Carbonato de sodio anhidro)

25 g de Tartrato de sodio y potasio.

20 g de NaHCO_3 (Bicarbonato de sodio)

20 g de Na_2SO_4 (Sulfato de sodio anhidro)

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

Solución II. Reactivo de Cobre.

15 g 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 apoco a 300 ml.

Solución Buffer diluyente para Análisis Microbiológicos.

Solución Stock.

Se utilizaron 34 g de KH_2PO_4 (Fosfato de Potasio Monobásico de Cristal) se disolvieron en 500 ml de agua destilada. Se ajustó el pH a 7.2 con NaOH 1 N (Hidróxido de Sodio). Se llevó a un litro con agua destilada, se esterilizó a 121 °C por 15 minutos. Se conservó en refrigeración.

Solución de Trabajo.

Se tomaron 1.25 ml de solución Stock y se llevaron a un litro con agua destilada. Distribuyéndolos en porciones de 90 ml. Se esterizaron a 121 °C durante 15 min. El pH final se ajustó a 7.2. Se pesaron 10 g de muestra de esquites auxiliándose de una espátula estéril, se transfirieron a un vaso para licuar estéril y se agregaron 90 ml de solución buffer diluyente. Se licuaron de 1 a 2 minutos hasta que se obtuvo una solución completa y homogénea

Resumen del análisis de varianza de la variable análisis sensorial de esquite criollo empacado al vacío al 85 %, a los 30 días de almacenamiento.

**Análisis de varianza
Calificaciones obtenidas del producto**

| Tabla 1 | | | | | | | | |
|-----------------|--------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|
| Esquites | Clave | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| Amarillo | 243 | 0 | 0 | 2 | 9 | 11 | 9 | 0 |
| Rojo | 456 | 0 | 0 | 0 | 4 | 9 | 7 | 11 |
| Azul | 512 | 0 | 0 | 0 | 5 | 12 | 11 | 3 |

| Tabla 2 | | | |
|---------------------|---------------|------------|------------|
| | Claves | | |
| | 243 | 456 | 512 |
| Calificación | X1 | X2 | X3 |
| 7 | 0 | 11 | 3 |
| 6 | 9 | 7 | 11 |
| 5 | 11 | 9 | 12 |
| 4 | 9 | 4 | 5 |
| 3 | 2 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 |

| Tabla 3 | | | | | |
|------------------------------|---------------|------------|------------|-----------------------|-----------|
| | Claves | | | | |
| Calificación | X1 | X2 | X3 | X_{ji} | |
| 7 | 0 | 77 | 21 | 98 | |
| 6 | 54 | 42 | 66 | 162 | |
| 5 | 55 | 45 | 60 | 160 | |
| 4 | 36 | 16 | 20 | 72 | |
| 3 | 6 | 0 | 0 | 6 | |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| $\sum w_i$ | 151 | 180 | 167 | 498 | TT |

| Tabla 4 | | |
|---------------------------|--|-----------|
| Grados de libertad | | |
| n | # jueces | 31 |
| m | # muestras | 3 |
| GL _v | m-1 | 2 |
| GL _j | n-1 | 30 |
| GL _t | (n*m)-1 | 92 |
| GL _r | GL _t -GL _v - GL _j | 60 |

Factor de Corrección

FC= 2666.71

SC_v=Suma de cuadrados de la variable= $SC_v = [(Tc_1)^2 + (Tc_2)^2 + \dots + (Tc_m)^2] / n - FC$

SC_j=Suma de cuadrados de jueces= $SC_j = [(Tr_1)^2 + (Tr_2)^2 + \dots + (Tr_m)^2] / m - FC$

SC_t=Suma de cuadrados totales = $SC_t = [(X_1)^2 + (X_2)^2 + \dots + (X_{mn})^2] - FC$

SC_r= Suma de cuadrados de residual= $SC_r = SC_t - SC_v - SC_j$

| Tabla 3 | | | | | | | | |
|-----------------|-----------------|---------------------------|-----------------|--------------------------|----------------|-----------------|----------------|--------------------|
| | | Grados de libertad | | Suma de cuadrados | | Varianza | | F calculada |
| Variable | GL _v | 2 | SC _v | 13.61 | V _v | 6.81 | F _v | 0.11 |
| Jueces | GL _j | 30 | SC _j | 19555.96 | V _j | 651.87 | F _j | 10.27 |
| Total | GL _t | 92 | SC _t | 23377.29 | | | | |
| Residual | GL _r | 60 | SC _r | 3807.72 | V _r | 63.46 | F _t | 3.15 |

Después se calcula la varianza, la cual se obtiene dividiendo la suma de cuadrados entre los grados de libertad de los correspondientes:

V_v= varianza debida a variable = SC_v/GL_v **V_v= 6.81**

V_j= varianza debida a jueces = SC_j/GL_j **V_j= 651.87**

V_r= varianza de residual = SC_r/GL_r **V_r= 63.46**

Finalmente se obtiene la F calculada (F)

F_v = V_v/ V_r **F_v = 0.1073**

F_j = V_j/ V_r **F_j = 10.2717**

F calculada en tablas de distribución

F= 3.15