

UNIVERSIDAD DE SONORA
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA Y GANADERIA

**CARACTERIZACION FÍSICA Y QUÍMICA DE FRUTOS DE
LÍNEAS E HÍBRIDOS DE CALABAZA TIPO BUTTERNUT
(*Cucurbita moschata* DUCH.) EX POIR**

T E S I S
MAESTRIA EN CIENCIAS

JULIO CESAR MORALES MUNGUIA

MARZO DE 2003

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

UNIVERSIDAD DE SONORA
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA Y GANADERIA

**CARACTERIZACION FÍSICA Y QUÍMICA DE FRUTOS DE
LÍNEAS E HÍBRIDOS DE CALABAZA TIPO BUTTERNUT
(*Cucurbita moschata* DUCH.) EX POIR**

TESIS
MAESTRIA EN CIENCIAS

JULIO CESAR MORALES MUNGUÍA

Marzo del 2003

**CARACTERIZACION FÍSICA Y QUÍMICA DE FRUTOS DE
LÍNEAS E HÍBRIDOS DE CALABAZA TIPO BUTTERNUT
(*Cucurbita moschata* DUCH.) EX POIR**

TESIS

Sometida a la consideración del
Departamento de Agricultura y Ganadería

de la

Universidad de Sonora

por

JULIO CESAR MORALES MUNGUIA

Como requisito parcial para obtener
El grado de Maestro en Ciencias en Horticultura

Marzo Del 2003


Esta tesis fue realizada bajo la Dirección del Consejo Particular aprobada y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

CONSEJO PARTICULAR:

DIRECTOR: 
M.S. SERGIO GARZA ORTEGA

ASESOR: 
Dr. REGINALDO BAEZ SAÑUDO

ASESOR: 
Dr. BENJAMÍN RAMÍREZ WONG

DEDICATORIA

A mis padres

María Belem †
Mariano †

A mis hermanos

Javier
Graciela
Ana María
María Belem

A mi esposa

Lydia de la Cruz

A mis hijos

Lydia Cristina
Elsa Julia
Julio Cesar

A mis sobrinos

José, Damián y Claudia
Yoryeth †, Arlet, Eliot e
Ingrid
Belencita, Mónica, Ana
Gabriela y el reyezón (Juan
Luis).

A mi cuñada

Lupita †

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la vida, la oportunidad de ser un profesionalista y la Fe que me da fuerzas para lograr mis sueños e ideales.

Al M.S. Sergio Garza Ortega, por su dirección y aporte de materiales utilizados en el presente trabajo.

Al Dr. Reginaldo Báez Sañudo, por su asesoría y revisión de este trabajo así como el apoyo y facilidad para utilizar equipo de laboratorio del CIAD.

Al Dr. Benjamín Ramírez Wong, por su asesoría y revisión de este trabajo así como el apoyo y facilidad para utilizar las instalaciones de Laboratorio de Reología en el DIPA, así como a La M.C. Guadalupe Salazar García por su incondicional apoyo.

A todos los maestros del postgrado, con una mención especial al M.S. Alfredo Serrano Esquer por su valiosa ayuda.

A la Universidad de Sonora y al Departamento de Agricultura y Ganadería, por darme la oportunidad de superarme profesionalmente.

A mis nuevos amigos y compañeros, Jorge Mercado, Ana María Mendoza, Elsa Bringas y Karla Quevedo del CIAD.

CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS.....	viii
INDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xvi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. LITERATURA REVISADA.....	3
Antecedentes.....	3
Importancia económica.....	5
Origen y distribución de <i>cucurbita moschata</i>	7
Morfología de la planta.....	9
Origen de la calabaza tipo Butternut.....	9
Mejoramiento Genético.....	10
Constitución de los frutos.....	13
Maduración de fruto.....	14
Tasa respiratoria y producción de etileno.....	16
Pigmentos.....	16
Determinación de pigmentos en frutos.....	19
Carbohidratos.....	22
Pectinas.....	24
Cambios en la pared celular.....	28
Textura.....	29
Evaluación sensorial.....	31
Estudio de estructura microscópica.....	34
Evaluaciones químicas.....	35
Índice de cosecha.....	35
Cosecha.....	35
Empaque.....	36
Manejo postcosecha y almacenamiento.....	36
Cambios en la composición de calabaza durante almacenamiento.....	37
Composición química de la calabaza.....	38
III. MATERIALES Y METODOS.....	41
Trabajo de campo.....	41

CONTENIDO (Cont...)

	Página
Obtención de la semilla.....	41
Hibridaciones y Autofecundaciones.....	42
Trabajo de laboratorio.....	43
Evaluaciones fisiológicas.....	43
Tasa respiratoria.....	43
Producción de etileno.....	44
Determinación de las características físicas.....	44
Pérdida de peso.....	44
Densidad.....	45
Características morfológicas de los frutos.....	45
Longitud del fruto.....	45
Forma de fruto.....	45
Tamaño y forma de la cavidad	45
Color interno y externo.....	46
Textura.....	46
Determinación de las composición química del fruto.....	48
Acidez titulable.....	48
pH.....	48
Sólidos solubles totales.....	48
Almidones.....	48
Diseño experimental y análisis estadístico.....	49
..	
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	51
Evaluaciones físicas.....	51
Morfología del fruto.....	51
Longitud del fruto.....	51
Relación diámetro cuello/bulbo.....	51
Cavidad del fruto.....	53
Pérdida de peso.....	53
Densidad.....	57
Color interno.....	59
Color "L".....	59
Ángulo de matiz.....	61
Pureza de color o chroma.....	63
Color externo.....	67
Color "L".....	67
Ángulo de matiz.....	68
Pureza de color o chroma.....	71
Textura.....	75
Evaluaciones químicas.....	80
pH.....	80
Acidez titulable.....	81
Sólidos solubles totales.....	84

CONTENIDO (Cont...)

	Página
Almidón.....	86
Evaluaciones fisiológicas.....	88
Tasa respiratoria y producción de etileno.....	88
Coeficiente de correlación.....	90
V. CONCLUSIONES.....	96
VI. LITERATURA CITADA.....	99

INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Principales Países productores de calabacita	6
Cuadro 2. Superficie sembrada de calabaza, calabacita y kabocha por Entidad Federativa 1990-1997 (has)	8
Cuadro 3. Principales cambios que ocurren en un fruto, durante el proceso de maduración	15
Cuadro 4. Clasificación de los frutos basada en su comportamiento respiratorio y su producción de etileno	17
Cuadro 5. Valores en porcentaje individual de carotenos y vitamina A en pulpa de calabazas de diferente color.	21
Cuadro 6. Composición promedio en porcentajes de peso seco de la Porción comestible de calabazas Butternut en varios periodos de almacenamiento.	25
Cuadro 7. Valores promedios de longitud, forma del fruto y forma de la Cavidad de frutos híbridos, variedad comercial Waltham y la línea 303-2 tipo Butternut	52
Cuadro 8. Valores promedios de porciento de pérdida de peso de frutos híbridos, variedad comercial Waltham y la línea 303-2 tipo Butternut almacenada a 25° C y 65 % de HR. durante 60 días	54
Cuadro 9. Valores promedios obtenidos de la densidad de los frutos de calabazas tipo Butternut almacenada a 25° C y 65 % de HR. durante 60 días.	58
Cuadro 10. Valores promedios de los análisis de color "L", ángulo de matiz y pureza de color (chroma) en pulpa de frutos híbridos, variedad comercial Waltham y la línea 303-2 de calabazas tipo Butternut almacenada a 25° C y 65 % de HR. durante 60 días.	62
Cuadro 11. Valores promedios de los análisis de color "L", ángulo de matiz y pureza de color (chroma) en pulpa de frutos de calabazas tipo Butternut almacenada a 25° C y 65 % de HR. durante 60 días	65

INDICE DE CUADROS (Cont...)

		Página
Cuadro 12.	Valores promedios de los análisis de color "L", ángulo de matiz y pureza de color (chroma) en cáscara de frutos híbridos, variedad comercial Waltham y la línea 303-2 de calabazas tipo Butternut almacenada a 25°C y 65% de HR. durante 60 días.	69
Cuadro 13.	Valores promedios de los análisis de color "L", ángulo de matiz y pureza de color (chroma) en cáscara de frutos de calabazas tipo Butternut almacenada a 25°C y 65% de HR. durante 60 días. . . .	70
Cuadro 14.	Valores promedios de los análisis de textura como fuerza máxima y modulo de Young de frutos de calabazas tipo Butternut almacenada a 25°C y 65% de HR. durante 60 días.	76
Cuadro 15.	Valores promedios Resultados de los análisis de pH, acidez titulable, sólidos Solubles y almidón en pulpa de frutos híbridos, variedad Comercial Waltham y la línea 303-2 de calabazas tipo Butternut. almacenada a 25°C y 65% de HR. durante 60 días.	82
Cuadro 16.	Valores promedios Resultados de los análisis de pH, acidez titulable, sólidos solubles y almidón en pulpa de frutos híbridos, variedad comercial Waltham y la línea 303-2 de calabazas tipo Butternut . .	83
Cuadro 17.	Coeficientes de correlación entre algunas características en frutos híbrido, variedad comercial Waltham y la línea 303-2 de calabaza tipo Butternut almacenada a 25°C y 65% de HR. durante 60 días	93

INDICE DE FIGURAS

		Página.
Figura 1.	Desarrollo de líneas estables e inestables de Butternut.	11
Figura 2.	Representación de los cambios en la respiración durante el Desarrollo de frutos climatéricos y NO climatéricos	18
Figura 3.	Cambios en el contenido de azúcar y almidón en frutos Butternut (<i>Cucurbita moschata</i>) durante almacenamiento	26
Figura 4.	Una posible curva de fuerza contra deformación para un producto agrícola.	33
Figura 5.	Esquema del colorímetro Hunter Lab.	43
Figura 6.	Determinación de Perdida de peso de frutos híbridos, variedad comercial Waltham y la línea 303-2 de calabaza tipo Butternut almacenados a 25°C y 65 % H.R durante 60 días	56
Figura 7.	Determinación de densidad de frutos híbridos, variedad comercial Waltham y la línea 303-2 de calabaza tipo Butternut almacenada a 25° C y 65 % HR durante 60 días	60
Figura 8.	Determinación de ángulo de matiz ó Hue en pulpa de frutos híbridos, variedad comercial Waltham y la línea 303-2 de calabaza tipo Butternut almacenada a 25° C y 65% de HR durante 60 días.	64
Figura 9.	Determinación de pureza de color (chroma) en pulpa de frutos híbridos, variedad comercial Waltham y la línea 303-2 de calabaza tipo Butternut almacenada a 25° C y 65% de HR. durante 60 días	66
Figura 10.	Determinación de color "L" de cáscara de frutos híbridos, Variedad comercial Waltham y la línea 303-2 de calabaza tipo Butternut almacenada a 25° C y 65% de HR durante 60 días . .	72
Figura 11.	Determinación de ángulo de matiz en cáscara de frutos híbridos, variedad comercial Waltham y la línea 303-2 de calabaza tipo Butternut almacenada a 25° C y 65 % de HR durante 60 días.	73

INDICE DE FIGURAS (Cont...)

		Página.
Figura 12.	Determinación de pureza de color (chroma) en cáscara de frutos híbridos, variedad comercial y la línea 303-2 de calabaza tipo Butternut almacenada a 25°C y 65% de HR durante 60 días	74
Figura 13.	Determinación de textura medida como fuerza máxima de frutos híbridos, variedad comercial y la línea de calabaza tipo Butternut almacenada a 25° C y 65% de HR durante 60 días.	78
Figura 14.	Determinación de modulo de Young de frutos híbridos, variedad comercial Waltham y la línea de calabaza tipo Butternut almacenada a 25° C y 65% de HR durante 60 días	79
Figura 15.	Determinación de sólidos solubles totales (°Brix) a pulpa de frutos híbridos, variedad comercial Waltham y la línea 303-2 de calabaza tipo Butternut almacenada a 25° C y 65% de HR. durante 60 días. .	85
Figura 16.	Determinación de almidón en pulpa de frutos híbridos, la variedad comercial Waltham y la línea 303-2 de Calabaza tipo Butternut almacenada a 25° C y 65% de HR. durante 60 días	87
Figura 17.	Producción de CO ₂ (ml/Kg.h) en frutos híbridos, variedad comercial y la línea de calabazas tipo Butternut almacenada a 25° C y 65% de HR. durante 60 días.	89
Figura 18.	Producción de etileno (μL C ₂ H ₄ /Kg.h) de frutos híbridos, variedad comercial Waltham y la línea 303-2 de calabazas tipo Butternut almacenada A 25° C y 65% de HR durante 60 días.. . . .	91

OBJETIVOS

Objetivo general

Realizar estudios de las características físicas, químicas y fisiológicas de frutos de híbridos, variedad comercial Waltham y la línea 303-2 de calabaza tipo Butternut.

Objetivos particulares

Determinar los valores físicos y químicos de frutos de híbridos, variedad comercial Waltham y la línea 303-2 de calabaza tipo Butternut cada 15 días durante 8 semanas.

Realizar evaluaciones fisiológicas como la tasa respiratoria y la producción de etileno de frutos de híbridos, variedad comercial Waltham y la línea 303-2 de calabaza tipo Butternut cada 5 días durante 8 semanas.

Obtener estadísticamente el coeficiente de correlación de las evaluaciones físicas y químicas de frutos de híbridos, variedad comercial Waltham y la línea 303-2 de calabaza tipo Butternut.

RESUMEN

Una de las variedades de calabaza tipo Butternut comúnmente cultivada (*Cucurbita moschata* Duch.) es Waltham Butternut, tratándose de un material de polinización libre que contienen buenas características de calidad de fruto en cuanto a color, concentración de sólidos solubles y apariencia, pero rendimientos pobres, en la región de la Costa de Hermosillo durante el otoño ocasionado esto probablemente por el virus hoja enrollada de la calabaza (VHEC).

En el Departamento de Agricultura y Ganadería (DAG) se han obtenido algunas líneas uniformes de *C. moschata* de forma similar al tipo Butternut con resistencia al VHEC pero con calidad de fruto pobre ya que su pigmentación es escasa y su concentración de sólidos solubles es baja. Durante 1999 y 2000 se estudiaron híbridos entre Waltham Butternut y las líneas obtenidas en el DAG observándose en los híbridos un incremento notable en rendimiento, superior a Waltham y una calidad similar en cuanto a color y concentración de sólidos solubles.

El objetivo de este trabajo fue llevar a cabo estudios de caracterización de la calidad de fruto de las líneas del DAG, Waltham e híbridos principalmente en lo concerniente a color interno y externo, firmeza, densidad y pérdida de peso así como sus características químicas como pH, acidez titulable, sólidos solubles totales (Brix) y el contenido de almidón. También determinar estadísticamente la relación que existe entre las principales características físicas de los frutos con su composición química.

El trabajo de campo del presente proyecto se llevó a cabo en el Campo Experimental del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora. En el ciclo de primavera se hicieron hibridaciones tomando como progenitor femenino Waltham y las líneas 303-1, 303-2, 303-3, 303-4, 263-1, 263-2, 263-3, 263-4, 263-5 y 263-6 como el polinizadores. En el ciclo verano otoño del 2001 se sembraron los híbridos, la variedad comercial Waltham y la línea 303-2. Los frutos se cosecharon en noviembre y la caracterización de los frutos obtenidos se llevó a cabo en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. (CIAD) y en el Departamento de Investigación y Postgrado en Alimentos (DIPA) de la Universidad de Sonora.

Los híbridos presentaron buena apariencia con los requisitos necesarios para el mercado de exportación obteniéndose valores promedio para Waltham de 15.6 cm de longitud y los híbridos en general tuvieron un valor promedio de 21.55 y la línea 303-2 un valor promedio de 29.94 cm. La pérdida de peso de la variedad Waltham, los híbridos y la línea 303-2 fue de 21.978, 19.128, y 10.606 respectivamente. El color interno o de la pulpa con respecto a pureza de color la variedad Waltham presentó el valor mas alto el cual fue de 69.034, seguido por los híbridos Wx263-4 con 66.002, Wx263-3 con 65.418, Wx303-2 con 65.303, la línea 303-2 con 63.225 y con el valor mas bajo el híbrido Wx303-2 con un valor de 59.888. La textura de los materiales evaluados el que presento mayor firmeza fue el híbrido Wx303-2 con valores de 67.623 expresado como fuerza máxima (kgf), seguido por Wx303-1, Wx263-3, Wx263-4 con valores de 62.990, 61.947, y 58.120 respectivamente, la variedad Waltham presento valores de 49.940 y la línea de 16.695.

Las determinaciones químicas que se obtuvieron en cuanto a sólidos solubles los híbridos Wx263-4 y Wx303-1 presentaron valores hasta de 11.0 °Brix, seguido por Waltham y la línea Wx303-2 con valores promedios de 10.0 °Brix y el híbrido Wx263-3 como la línea con valores de 7.5 °Brix. La producción de CO₂ y etileno en general fue baja. Las correlaciones mas importantes y que existe una relación inversa (-0.7542) son entre almidón y grados Brix, y existe una relación directa (0.7337) entre densidad y el contenido de almidón a medida que transcurre el periodo de almacenamiento.

ABSTRACT

One of the Butternut-type (*Cucurbita moschata* Duchesne) varieties of winter squash commonly grown is Waltham Butternut, an open pollinated cultivar with good quality characteristics such as fruit color, concentration of soluble solids and appearance, but poor yield during autumn at La Costa de Hermosillo induced probably by Squash Leaf Curl Virus (SLCV) infection.

Uniform lines of *C. moschata* with similar shape to Butternut cultivars have been developed at the Departamento de Agricultura y Ganadería (DAG) of the University of Sonora. these lines are resistant to SLCV but have poor fruit color and low soluble solids concentration. During 1999-2000 hybrids between Waltham and the lines were studied. The hybrids had higher yield and similar quality with respect to color and soluble solids concentration when compared to Waltham.

The objective of this work was to perform studies of characterization of fruit quality of the DAG lines, Waltham, and hybrids between Waltham and lines concerning internal and external color, firmness, density, and weight loss, as well as their chemical characteristics such as pH, titratable acidity, total soluble solids (Brix), and starch content. Correlations among the main physical characteristics of the fruits with their chemical composition were also obtained and respiration and ethylene production were measured.

The field work was conducted at the experimental farm of the University of Sonora. In the spring of 1999 hybrids were made using Waltham as female parent and as pollinators the lines 303-1, 303-2, 303-3, 303-4, 263-1, 263-2, 263-3, 263-4, 263-5,

and 263-6. During the summer fall cycle of 2001 the hybrids were planted along with Waltham and line 303-2. The fruits were picked in November and fruit characterization was made at “Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C.” (CIAD) and in the “Departamento de Investigación and Posgrado en Alimentos” (DIPA) of the University of Sonora.

The hybrids had good appearance with the necessary requirements for the export market. Waltham had an average length of 15.6 cm while hybrids had 21.5 cm and line 303-2 29.9 cm. The weight loss for Waltham, hybrids, and line 303-2 was 22.0, 19.1, and 10.6 % respectively. The internal color with regard to purity of color was highest for Waltham (69.034), which was followed by hybrids Wx263-4 (66.002), Wx263-3 (65.418), Wx303-2 (65.303), and line 303-2 with 63.225. The lowest value was for hybrid Wx303-2 with 59.888. Concerning the texture of the evaluated materials the hybrid Wx303-2 presented the highest value of maximum force (kg-f) of firmness with a value of 67.623 kg-f, followed by Wx303-1, Wx263-3, and Wx263-4 with values of 62.990, 61.947, and 58,120 kg-f respectively. The lowest firmness values were for Waltham with 49.940 kg-f and line 303-2 with 16.695.

In regard to chemical determinations, total soluble solids were higher for hybrids Wx263-4 and Wx303-1 with values reaching 11.0 °Brix, followed by Waltham and the hybrid Wx303-2 with values averages of 10.0 and hybrid Wx263-3 and line 303-2 with values of 7.5 °Brix. The CO₂ and ethylene production in general were low. The more important correlations obtained were between starch content and °Brix ($r^2 = - 0.7542$), and fruit density and starch content ($r^2 = 0.7337$) as the storage period progressed.

INTRODUCCIÓN

México es uno de los principales países productores de hortalizas para exportación y Sonora, uno de los productores de calabaza tipo Butternut, cultivo ya establecido junto con la calabaza Kabocha (*Cucurbita maxima* Duch.) y calabacita (*Cucurbita pepo* L.) italiana tipo zuchini (Bringas, 1997).

Existen algunas variedades e híbridos comerciales de calabaza (*Cucurbita moschata*) del tipo Butternut, siendo las más comunes: Waltham Butternut, Early Butternut, New Hampshire Butternut, Alagld, Pipian, Dickinson y Ponca entre otros. Estas variedades se han obtenido por selección, autopolinización y cruzamiento, principalmente por compañías productoras de semillas (Abbot et al., 1985).

En color de la pulpa de estas frutas en la fase de maduración es muy variado, debido al contenido de pigmento, principalmente β -caroteno. Un contenido alto de este pigmento es una característica muy favorable por su aporte nutrimental; en calabazas Butternut se reporta que el β -caroteno constituye aproximadamente del 25 al 35 % de los carotenos totales y las diferencias cuantitativas en la composición de carotenos se relaciona con las diferencias en el color de la pulpa (Francis, 1962).

El rendimiento de calabaza madura tipo Butternut se considera bajo en la región, ocasionando esto probablemente por el virus de la hoja enrollada de la calabaza (VHEC). Por otra parte se han obtenido en el Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora algunas líneas uniformes de *C. moschata* tipo similar a

Butternut con resistencia al VHEC pero con color y concentración de sólidos solubles pobre.

Durante 1999 y 2000 se estudiaron híbridos entre Waltham Butternut y las líneas obtenidas en el DAG observándose en los híbridos un incremento notable en rendimiento, superior a Waltham y una calidad similar en cuanto a color y concentración de sólidos solubles.

El objetivo de este trabajo fue el de llevar a la caracterización del fruto de estas líneas e híbridos principalmente en lo concerniente a firmeza, composición y fisiología.

Se midió el color interno, la concentración de sólidos solubles del fruto a la cosecha y 6-10-semanas después de ésta bajo almacenamiento convencional. Estas evaluaciones se llevaron a cabo cada 15 días. El metabolismo de los frutos se determinó con el análisis de la actividad respiratoria lo cual se midió cada 5 días.

LITERATURA REVISADA

Antecedentes

La calabaza es uno de los cultivos cuya presencia a lo largo de la historia de los pueblos americanos la han convertido no sólo en un alimento tradicional, sino también en un elemento cultural, apenas comparable con otros productos como el maíz, el frijol y el chile (Pérez et al., 1998). Durante largo tiempo, el origen de la calabaza y calabacita fue un tema controvertido, hasta que restos arqueobotánicos mostraron la evidencia abrumadora de que todas las variedades del género *Cucurbita* son originarias de América concluyendo que:

- a) *Cucurbita pepo* se encontraba ampliamente distribuida en el norte de México y el sureste de los EE.UU. desde el año 7,000 a.C.
- b) *Cucurbita argyrosperma* tiene presencia desde la época precolombina desde América Central hasta el suroeste de EUA.
- c) *Cucurbita moschata* ha estado presente, desde México hasta Perú, desde hace miles de años, en una multitud de formas y variantes. En nuestro país se han encontrado evidencias arqueológicas que datan del año 1440 a.C., en Guatemala desde el año 900 d.C. y en Huaca Prieta, Perú, desde hace 4,000 años a.C.
- d) *Cucurbita maxima*, cuyas evidencias encontradas en excavaciones arqueológicas hechas en Perú permiten establecer su presencia en una fecha aproximada de 1,200 años a.C. sugieren que esta especie es de origen sudamericano y que su distribución estaba limitada a este continente a la llegada de los españoles (Nee, 1990).

Por otra parte, la presencia de variedades de calabaza en todo el continente americano dio como consecuencia una abundancia de nombres populares. Por ejemplo, en Guatemala y Costa Rica recibe el nombre de ayote, cuyo vocablo se deriva del náhuatl "*ayotli*" que significa precisamente calabaza . La calabaza en Ecuador y Perú se le denomina como *zapallo*, *ahuyama* en Venezuela y Panamá, *Joko* en Bolivia o bien calabaza y calabacita en México. Estas variedades han tenido diversos usos desde épocas muy remotas, que van desde la fabricación de utensilios (sobre todo en forma de vasijas), hasta su empleo como alimento. En la actualidad el uso y consumo de las diversas especies de la calabaza son muy amplios. Bien pueden servir como parte de algún platillo o también como uso forrajero, sobre todo de ganado avícola, bovino e incluso equino. Del fruto, además de utilizarse la pulpa, se aprovecha la semilla, a la que se le pueden dar dos usos: la extracción de aceite o en la elaboración de botanas comúnmente llamadas pepitas. De la planta, también se puede utilizar para consumo humano la flor, que forma parte de una amplia variedad de platillos tradicionales de nuestro país (Paris, 1996 ; Pérez et al., 1998).

Los datos estadísticos que se refieren al cultivo de las cucurbitáceas en nuestro país, se organizan fundamentalmente en tres grupos:

- a) El que se refiere a la calabaza en general, en donde se agrupan fundamentalmente a las variedades más tradicionales de calabaza dura tipo arota o casco duro.(arota, etc.)
- b) El que maneja cifras de calabacita en donde se ubican las variedades de calabaza tierna o inmaduras.(tipo gray zuchini, negra, calabazas amarillas de cuello curvo y recto)
- c) El que hace referencia a la llamada calabaza kabocha, que si bien podría ubicarse en

las variedades de calabaza dura, en los últimos años se ha contabilizado en forma individual (ASERCA-SAGAR, 1999).

Importancia Económica

Entre los países productores a nivel mundial de calabaza destacan India, China, Ucrania (Cuadro 1) los cuales producen alrededor del 54 % de la producción mundial. India obtiene alrededor del 24% y de los cinco países es el que menor tasa de crecimiento registra con 3.2 % entre 1994 y 1998. El dinamismo que se ha registrado en la producción mundial de calabaza ha permitido que el comercio mundial repunte en los últimos años. Las importaciones mundiales de la hortaliza ha crecido prácticamente el 75% entre 1992 y 1998, destacándose como los principales países demandantes Estados Unidos, Japón, Francia, Alemania y Canadá, cuyas compras externas representan alrededor del 85% del total mundial (ASERCA-SAGAR, 1999). En Argentina el 90% de la calabaza del total que se comercializa es tipo Butternut y representa anualmente 0.015% del total de la superficie de ese País con 300,000 hectáreas (Vigliola, 1999). El análisis de los indicadores de la producción de las diversas variedades es una herramienta necesaria para explicar no sólo el grado de especialización que se registra en los varios Estados que se dedican al cultivo de este género, sino también para señalar el impacto que éstas tienen en los mercados, ya sea nacional y/o internacional. La superficie sembrada de las variedades de calabaza, calabacita y kabocha, presentada en el Cuadro 2 ha registrado comportamientos antagónicos. En el caso de la primera, las áreas destinadas a esta legumbre mostraron un movimiento irregular, pero con tendencia a la baja. Es decir, de una superficie sembrada en 1990 que se registró en 25,550 has. se pasó en 1997 a 1,997 has.

Cuadro 1. Principales Países productores de calabacita (miles de toneladas)

PAÍS	1994	1995	1996	1997	1998	1999
India	3,100.00	3,150.00	3,200.00	3,200.00	3,200.00	3,200.00
China	2,252.56	2,467.86	2,971.02	3,071.02	3,071.02	3,037.68
Ucrania	790.00	1,082.00	908.00	1,000.00	1,200.00	1,036.00
Egipto	375.00	438.50	498.32	568.04	575.00	547.12
Argentina	420.00	415.00	400.00	400.00	400.00	400.00
México	277.68	375.00	395.00	391.40	391.30	391.00
Otros	5,294.29	5,462.40	5,780.96	5,595.38	5,688.98	5,688.44

ASERCA-SAGAR, 1999.

Mostrando a su vez una tasa de crecimiento anual negativa del orden de -13.17%. Observando el comportamiento por entidad federativa, encontramos que durante el periodo 1990-1997, el estado de Sinaloa contribuyó con el 53.44% del total de las superficies, seguido por Sonora con el 11.43%. El caso de Sinaloa es bastante representativo del hecho de cómo la calabaza ha ido perdiendo presencia en algunos estados. Así encontramos que si durante 1990 contribuyó con 10,427 has., para 1997 su participación fue de tan sólo 60 has, esto sin contar con los años en que el cultivo de dicha variedad desapareció del estado. Sonora siguió una tendencia muy similar. Otro aspecto que es importante mencionar, es el que hace referencia a la participación del sector "otros", en donde se agrupa al grueso de los estados que no tienen una participación importante, o cuya presencia no ha sido constante. Este sector ha participado, durante el periodo, con cerca del 31%, oscilando entre un margen de 5 a 12 entidades federativas. El comportamiento registrado muestra una reducción de la superficie destinada a dicha variedad (ASERCA-SAGAR, 1999 y Bringas, 1997).

Origen y distribución de *Cucurbita moschata*

En ésta especie existen buenas evidencias arqueológicas de su origen, encontrándose distribuida desde Colombia y América Central hasta México desde tiempos precolombinos (Robinson y Decker, 1997). En el noroeste de México, *C. moschata* se cultiva en pequeña escala con el nombre común de Cehualca ó Segualca, considerando los tipos cultivados en esta región (Garza et al., 1988).

Cuadro 2. Superficie sembrada de calabaza, calabacita y kabocha por entidad Federativa 1990-1997 (has.)

Estado	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Calabaza								
Sinaloa	10,427	8,117	902	7,615	0	0	0	60
Sonora	2,015	1,367	224	1,117	0	0	379	645
Otros	13,108	518	540	258	556	436	1,122	1,292
Calabacita								
Sinaloa	0	0	8,671	8,955	7,570	7,749	11,934	9,699
Sonora	1,402	2,140	3,598	2,168	2,838	2,632	2,517	3,292
Hidalgo	4,345	3,693	4,707	4,098	4,216	5,137	3,674	2,946
Otros	12,227	13,499	13,773	11,693	10,272	11,504	11,599	11,872
Kabocha								
Sonora	—	—	—	—	—	1,667	2,051	1,884

ASERCA-SAGAR, 1999.

Morfología de la planta

La planta es monoica, anual, rastrera, de hojas grandes simples, alternas, lobuladas, de color verde oscuro intenso, con manchas blanquizcas, distribuidas en el haz de la hoja. Presenta ramificación de tallo y cuenta con un sistema radicular profundo hasta 1.83 metros o más; toda la planta está cubierta de vellosidades, lo cual le da un aspecto aterciopelado sin llegar a adquirir consistencia de espinas; las guías pueden alcanzar una longitud de hasta 10 metros; las flores femeninas difieren de las masculinas por la presencia de ovarios y la ausencia de anteras; el ovario puede ser de forma cilíndrica o esférica. Las flores masculinas tiene pedúnculos largos apareciendo estas primero que las femeninas. La planta presenta un zarcillo en cada nudo, los cuales pueden ser simples o ramificados, el fruto es un pepo de distintos tamaños, formas y colores; la cáscara es muy dura y de colores pajizos que van desde el amarillo al anaranjado oscuro; el pedúnculo es de forma pentagonal delgado y anguloso, presentando un ligero ensanchamiento en la unión con el fruto. Las semillas son numerosas y unidas a la placenta, miden 1.8 a 2.4 cm de longitud, son de forma elíptica de color blanco a café oscuro y el borde es de un color mas oscuro que el resto de la testa; la pulpa es anaranjada y fibrosa cuando el fruto está maduro (Whitaker y Robinson, 1986). La pulpa es clasificada como de grano fino con sabor suave a ligero (Peirce, 1987; Whitaker y Robinson, 1986).

Origen de la calabaza tipo Butternut

La calabaza Butternut fue seleccionada por mejor forma de fruto del cultivar Canada Crookneck introducido por la Compañía Breck Seed en 1936. Los primeros frutos de calabaza tipo Butternut fueron encontrados por Mr. Legget of Stow, Mass,

estos materiales desplazaron al tipo Crooknecks (de cuello curvo) debido a las ventajas de transporte y almacenamiento de sus frutos compactados (Mutschler y Pearson, 1987). La elongación del cuello del fruto Butternut es generalmente recto pero ocasionalmente es curvado. El cuello es completamente utilizable porque la cavidad de la semilla es limitado a la base del bulbo. El fruto 'Waltham Butternut' es similar pero produce una alta proporción de frutos con cuellos rectos. Fue obtenida por cruzamiento de New Hampshire Butternut con una planta introducida de África a los Estados Unidos de Norteamérica (Figura 1), y siempre ha sido un cultivar comercial muy popular desde su introducción en 1970 (Robinson y Decker-Walters, 1997; Mutschler y Pearson, 1987). Las semillas de todas la líneas mostradas en la Figura 1 excepto Tsurukubi y la African PI usada en el desarrollo de Waltham están disponibles. Derivado Crookneck es una línea derivada de la misma progenie de una planta Crookneck de una población del cultivar inestable.

Mejoramiento genético de calabaza

En México el mejoramiento genético de calabaza se inicio en 1955 con la observación y colección de material cultivado de calabazas que se siembran con la finalidad de aprovechar sus frutos maduros. Los procedimientos de mejoramiento que se han seguido son el de autofecundación y selección para las especies cultivadas y el principal método de mejoramiento utilizado en calabaza es la hibridación en cruza simple, aprovechando las siguientes características; a) Leve depresión endogámica cuya causa aún se desconoce, pero que es útil para la obtención de la semilla híbrida; b) Suficiente heterosis, lo cual permite la obtención de híbridos comercialmente

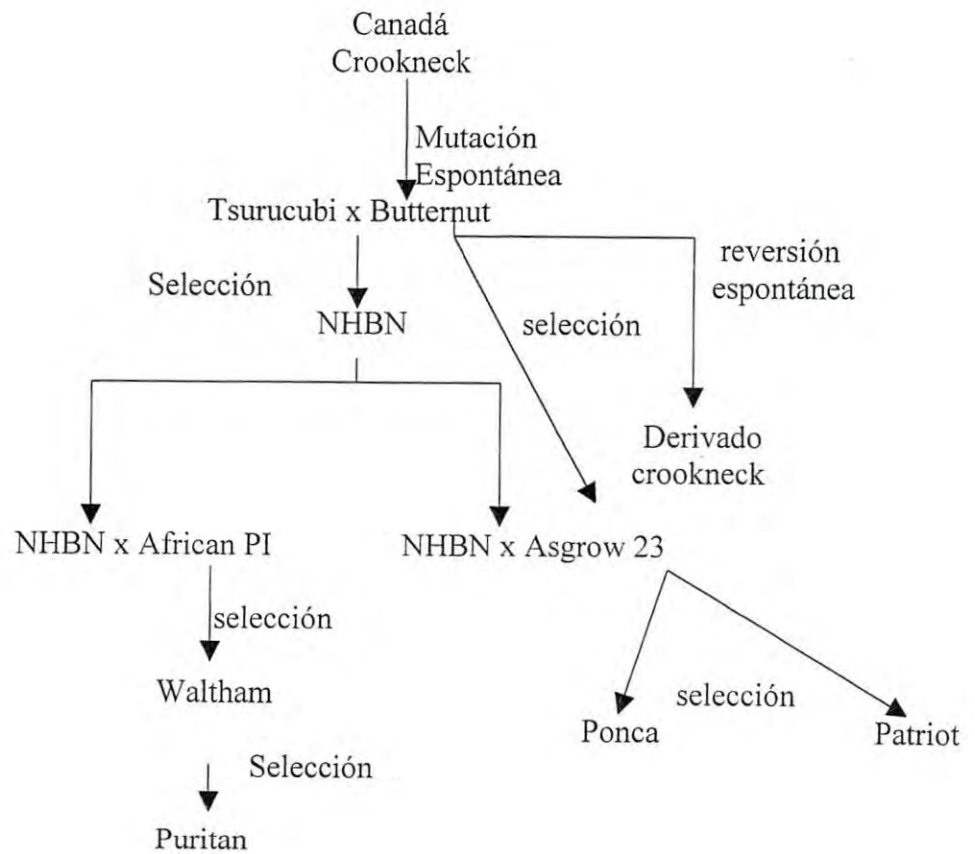


Figura 1. El desarrollo de líneas estables e inestables de Butternut (Mutschler y Pearson, 1987).

redituables; c) Fácil emasculación; d) Se puede retardar la formación de flores masculinas con reguladores de crecimiento. e). Presencia de genes de androesterilidad (ms) aunque solo en *C. maxima* y f) En las especies de *Cucurbita* es posible realizar la hibridación interespecífica. Los beneficios que los híbridos F₁ pueden tener sobre los cultivares de calabaza de polinización libre incluyen maduración temprana y mas uniforme, incremento del vigor híbrido y mas uniformidad de frutos (Ramírez,1998 ; Pérez et al., 1998). El mejoramiento genético de esta especie se ha centrado en busca de nuevas técnicas para su avance, como la técnica de cultivo de embriones que ha sido utilizada hasta hoy facilitando y obteniéndose considerables logros en la producción de híbridos interespecíficos vigorosos (Wall, 1954).

En estudios realizados, el gen B que tiene la información para el género *Cucurbita*, provocando cantidad de múltiples efectos como el moteado amarillo de las hojas, disminución de tamaño del fruto, reducción de producción, disminución de producción de semillas e incremento de la calidad de la fruta, en lo que refiere a forma y cantidad de pulpa (Paris et al, 1986)

Este gen es útil porque da un color naranja intenso a la pulpa, incrementando así el contenido de carotenos y mejorando el sabor. Se reporta transferencias del gen B a *C. moschata* (PI 165561) procedente de *C. pepo*. Este gen afecta características de la fruta al ser transferidos por seis generaciones continuas de retrocruzas en *C. moschata*, para poner en determinación la utilidad del mejoramiento en el cultivo de esta especie. Las manifestaciones de estos dependen de la genética en las retrocruzas (Paris et al, 1986). El cruzamiento de un cultivar estable de Butternut como padres femeninos con una Butternut pistilada estable, Butternut inestable o una línea uniforme cuello curvo

produce un híbrido F₁ Butternut uniforme fenotípicamente. Es una ventaja el uso de padres femeninos Butternut estable si el desarrollo de un cultivar de polinización abierta es deseable (Mutschler y Pearson, 1987).

Constitución de los frutos

El tipo de célula mas importante en la porción comestible de la mayoría de las frutas es de tipo parénquima que contienen un núcleo, el citoplasma y por lo general una sola vacuola grande que está rodeada por una membrana y dentro de la cual se encuentran agua, azúcar y sales principalmente (Pressey, 1977 ; Anzaldúa-Morales y Brennan, 1984a). La presión hidrostática que se genera en el interior de la célula es la causante de impartir turgencia y rigidez al tejido. Una célula del parénquima es de pared bastante delgada; puede ser de forma poligonal o cúbica, pero todas aproximadamente del mismo tamaño. Las células parenquimatosas no están apretadas entre sí, sino que con frecuencia están separadas por espacios de aire que contribuyen a la apariencia ligeramente opaca de la fruta fresca. Las células se mantienen juntas por medio de sustancias de unión, consistente en sustancias pécticas (Anzaldúa-Morales y Brennan, 1984a).

Además de este tipo de células que predominan en la porción comestible de los frutos, existen otras como las conductoras, las cuales son alargadas, en forma de tubos y transportan alimentos (células del floema) y agua (células del xilema) a través del fruto; las células del colénquima dan soporte y generalmente tienen forma de fibra. La proporción de estas células es tan pequeña que no se percibe en la textura (Bourne, 1979).

Maduración de frutos

El proceso de maduración de los frutos ha sido definido como el conjunto de cambios que se produce entre los últimos estados de crecimiento y los primeros de senescencia (Watada et al. , 1984).

Una serie de transformaciones cualitativas y cuantitativas ocurren con la maduración conforme el fruto se acerca a la terminación de su fase de crecimiento (Cuadro 3). Los frutos varían ampliamente tanto en composición química como materiales de almacenamiento, pigmentos y componentes de sabor así como cambios en la textura y estructura física (Robinson y Decker-Walters, 1997).

Durante la maduración normal de un fruto ocurren cuatro cambios claramente definidos : a) degradación de la clorofila y biosíntesis de carotenoides; b) respiración acelerada, asociada a la producción de etileno; c) ablandamiento y asociado incremento en la actividad de enzimas pectolíticas y d) maduración de las semillas. El resto de los en sabor, aroma y textura son parte integral del proceso de maduración (Willis et al.,1977). En este punto se presenta la máxima calidad comestible (Gortner , 1967; Watada et al. , 1984). A nivel subcelular el cambio más importante es la transición de cloroplastos a cromoplastos, al degradarse las clorofilas y quedar los carotenoides como principales pigmentos. Sin embargo, el resto de las estructuras subcelulares conservan su organización general durante la maduración, para mantener los procesos metabólicos que ocurren durante este periodo (Crookes y Grieson, 1983).

Cuadro 3. Principales cambios que ocurren en un fruto, durante el proceso de maduración.

Maduración de semillas

Cambio en color

Abscisión

Cambio en la actividad respiratoria

Modificaciones en el ritmo de producción de etileno

Modificaciones en la permeabilidad tisular

Ablandamiento : cambios en la composición de las sustancias pécticas

Modificaciones en los ácidos orgánicos

Cambios en las proteínas

Producción de sustancias aromáticas

Desarrollo de cera en la piel

Willis et al.,1977.

Cuadro 3. Principales cambios que ocurren en un fruto, durante el proceso de maduración.

Maduración de semillas

Cambio en color

Abscisión

Cambio en la actividad respiratoria

Modificaciones en el ritmo de producción de etileno

Modificaciones en la permeabilidad tisular

Ablandamiento : cambios en la composición de las sustancias pécticas

Modificaciones en los ácidos orgánicos

Cambios en las proteínas

Producción de sustancias aromáticas

Desarrollo de cera en la piel

Willis et al.,1977.

Tasa Respiratoria y producción de Etileno

Los frutos han sido clasificados como climatéricos o no climatéricos, en base a su comportamiento respiratorio durante la maduración.

Los frutos no climatéricos entre los cuales se clasifica la calabaza butternut (Cuadro 4), no presentan un cambio marcado en la respiración (Azcon-Bieto y Talon, 1993; Cantwell y Suslow, 2000), mientras los frutos climatéricos, presentan un incremento en la respiración cuando maduran. En este tipo de frutos, al principio de la maduración la respiración se incrementa, elevándose a un máximo, llamado pico climatérico, para después declinar lentamente (Grieson y Kader, 1986). Además, los frutos climatéricos producen etileno bajo condiciones de exposición a bajas concentraciones de este producto, un fenómeno particularmente marcado en los estados de desarrollo inmediatamente cercanos al climaterio respiratorio (Figura 2). Todos los cambios que ocurren durante la maduración, en frutos climatéricos, están relacionados con variaciones en las tasas de respiración y en la producción de etileno. En estos frutos se genera una producción autocatalítica de esta hormona, que a su vez parece ser la responsable del aumento respiratorio al comienzo de la maduración (Brady, 1987).

Pigmentos

Los pigmentos de plantas mayores incluyen carotenoides, antocianinas y otros flavonoides, como Betalinas y Clorofilas. Las clorofilas son verdes y los carotenos son amarillos, anaranjados o rojos y juegan un papel esencial en la fotosíntesis.

Cuadro 4. Clasificación de los frutos basada en su comportamiento respiratorio y su producción de etileno.

Climatérico	Intermedio	No climatérico
Albericoque	Arándano	Calabaza
Aguacate	Higo	Cereza
Ciruela	Pasionaria	Fresa
Chirimoya	Piña	Lichi
Guanábano	Sandia	Limón
Kiwi	Zapote	Mandarina
Mango		Naranja
Manzana		Oliva
Melocotón		Pomelo
Melón		Tamarindo
Papaya		Uva
Pera		
Plátano		
Tomate		

Azcon-Bieto y Talon 1993.

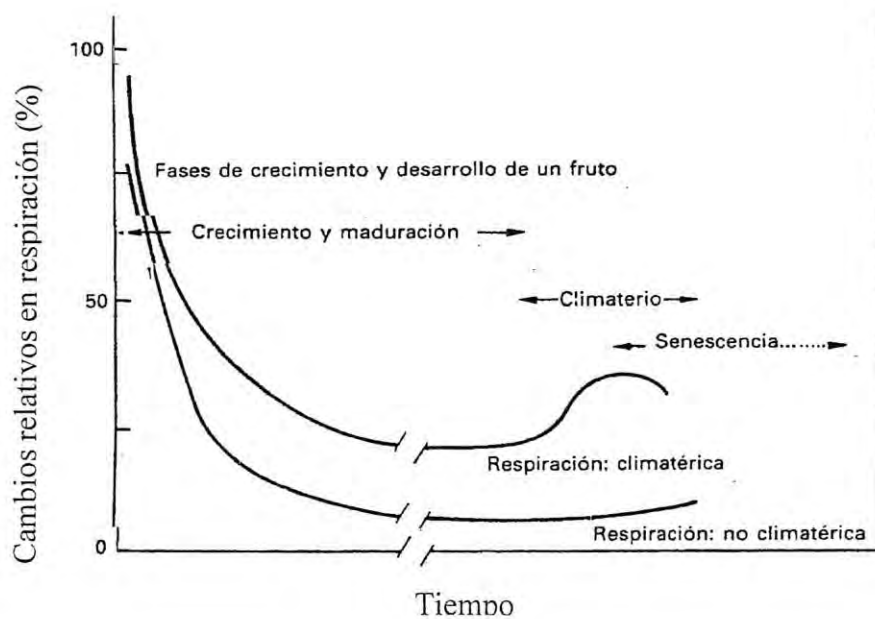


Figura 2. Representación de los cambios en la respiración durante el desarrollo de frutos climatéricos y No climatéricos (Brady, 1987)

La clorofila se encuentra en todas las plantas verdes y son localizados en los plastidios. La clorofila captura la energía luminosa y la convierte en energía química. Esto raramente ocurre fuera de tejido fotosintético. Los carotenoides protegen la clorofila de la foto-oxidación y es un accesorio de pigmento fotorreceptor de absorción de luz. Esto ocurre en todo tejido verde e independientemente de la clorofila en flores, órganos de almacenamiento y otras partes de la planta. Los flavonoides incluyen el rojo o antocianinas azules y blanco o amarillo pálido compuestos así como rutin, quercetin y kaempferol. Los flavonoides en flores y frutos provee una indicación visual para los animales polinizadores. Los flavonoides son localizados en el citoplasma y plastidios. Los pigmentos de las plantas son importantes y esenciales en humanos y otros animales herbívoros ayudando en la identificación de las plantas, se encuentran en diferentes partes de plantas, como las frutas, hojas, tallos, raíces o tubérculos y determina el desarrollo y edad de la planta, como la maduración de las frutas o senescencia (Simon, 1997).

Determinación de pigmentos en frutos de calabaza.

(β - caroteno.)

Dabrowski y Galazka, en 1989 investigaron tres variedades nuevas de *Cucurbitas maxima*, usadas como forraje y se compararon con melón amarillo. Los frutos más grandes fueron los de melón amarillo pero el valor nutricional fue mayor en las calabazas, las cuales presentaron los más altos niveles de β -caroteno (7.6mg/100g), vitamina C (20.1mg/100g), peso seco (13.22g/100g) y contenido de minerales. Los niveles de β -caroteno se incrementaron durante el primer mes de almacenamiento y luego disminuyeron. El contenido de vitamina C disminuyó en todos los casos, pero en

un grado mayor en el melón amarillo. Por otra parte Arvayo et al., 1995 reportaron una concentración máxima de β -caroteno a las 8 semanas después de la cosecha en *C. maxima* 'Delica'.

El contenido de carotenoides se determinó en las calabazas más comercializadas en Sao Paulo, Brasil; así *Cucurbita moschata* cv Menina Verde, fue la más rica en carotenoides con 79.6 mg/g, seguida por el híbrido Tetsukabuto con 52.3 mg/g y por *C. maxima* cv Exposicao con 46 mg/g, los frutos inmaduros de *C. pepo* y *C. moschata* fueron más bajos en carotenoides con 7.3 y 5.4 mg/g respectivamente. El β -caroteno predominó en *C. moschata madura* y *C. máxima*, mientras que la luteína fue el principal carotenoide en los otros materiales (Arima y Rodríguez, 1990).

Al determinarse la composición de los carotenoides en la pulpa amarilla en dos cultivares de calabaza *C. moschata* y en dos de la pulpa naranja de *C. maxima* (Cuadro 5), se encontró que tenían un porcentaje de β -caroteno de 21.6 y 16.3 respectivamente. *C. moschata* tuvo el más alto valor de vitamina A que *C. maxima* (972 UI/100g y 929 UI/100g respectivamente). Las diferencias cuantitativas en la composición de carotenoides se relaciona con las diferencias en el color de la pulpa entre las 2 especies (Hidaka et al., 1987). *C. moschata* cv Bailanina que se cultiva en el noroeste de Brasil contiene 19 carotenoides de los cuales el β -caroteno es el principal ya que contribuyó con el 74% del contenido total de carotenoides (317.8ug/g).

En *C. maxima* cv Jerimum Caboclo se identificaron 11 carotenoides. Las luteínas y el β -caroteno ocuparon aproximadamente el 60 y 27% respectivamente de un total de 78.4ug/g (Arima y Rodriguez, 1990).

Cuadro 5. Valores en porcentaje individual de carotenos¹ y vitamina A en pulpa de calabazas de diferente color.

Caroteno	Valores en porcentaje composición/Vitamina.A	
	<i>C. moschata</i>	<i>C. maxima</i>
α - Caroteno	0.5	0.3
β - Caroteno	21.6	16.3
ζ - Caroteno	2.5	0.2
β - Caroteno 5,6-epoxide	2.3	0.7
β - Crytoxanthin	5.2	1.2
Lutein	39.4	45.4
Taraxanthin	7.2	9.4
Zeaxanthin	-	6.5
Luteoxanthin	15.8	14.3
Auroxanthin	5.5	5.7
Total de carotenos ²	2340	3240
Valor vitamina A ³	972	929

Hidaka et al., 1987.

¹ Expresado como el porcentaje de el total de carotenos recobrados. Cada valor es la media de tres determinaciones compuesto de muestras de seis a diez vegetales.

² $\mu\text{g}/100\text{g}$ de peso fresco.

³ IU/100g de porción comestible. Una IU vitamina A es equivalente a 0.6 μg de β - Caroteno(100% activo).

Mediante cromatografía líquida en fase revertida se ha estimado la cantidad de carotenoides y pro vitamina A presentes en algunos frutos y se ha encontrado que la pro vitamina A de frutos como mango, albaricoque y melón cantaloupe contenían esencialmente β -caroteno, mientras que las criptoxantinas están presentes en aproximadamente la mitad de carotenoides totales en la papaya, pèrsimo y mandarina.

El durazno, chile morrón rojo, naranjas y toronjas rojas fueron intermediarias en su contenido de pro vitamina A, mientras que el tomate, chile morrón amarillo, piña y sandía fueron fuentes pobres (Thomas y Tsung-Shan, 1988).

Los métodos para la extracción de carotenoides tienden a ser difíciles por el tiempo utilizado y propensos a error debido a la oxidación y pérdidas en la extracción (Sadler et al., 1990).

Se ha desarrollado un método de extracción rápida por cromatografía líquida de alta reducción (HPLC) de licopeno y β -caroteno en pasta de tomate y en homogenizado de toronja rosa. El método es rápido reproducible y la recuperación es de alto rendimiento (Sadler et al., 1990).

Carbohidratos

Dentro de cada especie, el contenido de carbohidratos depende de la variedad, el estado de nutrición, la cantidad de frutos y el estado de desarrollo del fruto. La mayoría de las reservas de carbohidratos proviene de la planta (Azcon-Bieto y Talon, 1993). Los carbohidratos de las hojas entran a los frutos en desarrollo en azúcares solubles transformados por enzimas. Los azúcares reductores (glucosa y fructosa) son producidos primeramente en frutos jóvenes, el porcentaje de sacarosa se incrementa con

la maduración de la fruta. El desarrollo de fruto (expansión) y la acumulación de almidones y materia seca se termina durante la maduración temprana del cultivo y estas se reducen progresivamente en el climaterio (Robinson y Decker-Walters, 1997; Azcon-Bieto y Talon, 1993). Los azúcares es un componente importante de calidad para calabazas, melones, sandías y muchos otros frutos de cucurbitáceas (Robinson y Decker-Walters, 1997). La fructosa se considera más dulce que la sacarosa y ésta más que la glucosa. La mayoría de los frutos acumulan almidón durante su desarrollo, este polisacárido nutriente o de almacenamiento, llamado así al almidón porque actúa como reserva metabólica (Braverman, 1976), que origina azúcares más sencillos antes o durante la maduración por acción de las enzimas α y β -amilasa y almidón fosforilasa, todas identificadas en distintos frutos. Además de la acumulación de azúcares sencillos originados por hidrólisis de polímeros de reserva de cadena larga, otros productos fotosintéticos, principalmente en forma de sacarosa, se translocan al fruto desde las hojas durante el periodo de cosecha (Azcon-Bieto y Talon, 1993). La conversión de almidones en azúcares es rápido y la conversión prácticamente la completa en lo largo de su almacenamiento y la proporción de sacarosa en azúcares totales es muy alta (Cuadro 6). En un estudio químico del desarrollo del fruto de cucurbitáceas realizado por Arasimovich (1933) reportó que la glucosa siempre se presentó en mayor porcentaje hasta la cosecha y Phillips (1946) reportó lo contrario de mayor porcentaje de fructosa al momento de la cosecha y la proporción de glucosa aumento durante el almacenamiento. El Cuadro 6 indica que la calabaza Butternut es una excepción en este aspecto (Phillips, 1946). Durante la maduración, los almidones y materia seca permanecen constantes y la sacarosa se empieza a acumular (Figura 3). Durante la madurez, los almidones son degradados, la actividad de la sacarosa sintetasa es significativa pero relativamente

constante, incrementó la actividad de la sacarosa fosfato sintetasa y la sacarosa continuó acumulándose (Irving et al., 1997). En otros estudios sobre la degradación de almidones a azúcares simples en calabaza Buttercup, durante la síntesis rápida de almidón (0 a 30 días después de floración) la actividad extractable de alfa y beta amilasa fueron bajas, y los almidones fosforilados incrementaron. Después de la cosecha, durante maduración a 12°C, o en frutos dejados en el campo, la actividad de la alfa y beta amilasa se incrementaron. La concentración de maltosa fue baja anteriormente a la cosecha pero los niveles incrementaron durante la madurez. Los datos obtenidos sugieren que el rompimiento de almidones es hidrolítico en calabaza Buttercup, empezando con alfa amilasa como la enzima primaria responsable para la iniciación de este rompimiento hidrolítico (Irving et al., 1999).

Pectinas

Las sustancias pécticas son un grupo de heteropolisacaridos ramificados, de elevado peso molecular, localizados principalmente en la lamina media y pared celular de los frutos (Duel y Stutz , 1958; Worth, 1967). Básicamente consisten de una mezcla de 3 polisacáridos: poligalacturonanos, galactanos y arabinanos, los cuales están formados por unidades de ácido galacturónico, galactosa y arabinosa respectivamente. Los galacturonanos o rhamnogalacturonanos unidos por enlaces α 1-4 conforman el 75 % de la cadena pectica; los galactanos son largas cadenas lineales con unidades de D-galactopiranosas unidas mediante enlaces β -1,4 y los arabinanos son moléculas de bajo peso molecular compuestas de arabinofuranos con uniones α -1,5 ó α -1,3 (Eskin, 1979). Los grupos carboxilo que se encuentran en una cadena pectica pueden estar parcialmente esterificados por grupos metilo y/o neutralizados por una o mas bases (Worth, 1967).

Cuadro 6.- Composición promedio en porcentajes de peso seco de la porción comestible de calabaza Butternut en varios periodos de almacenamiento. 1942-44

Determinación	Cosecha	2 semanas	3 meses
	%	%	%
Sólidos solubles	24.96	36.82	58.18
Glucosa	2.18	2.68	0.63
Fructosa	4.72	5.08	3.08
Total de azúcares reductores	6.90	7.76	3.71
Sacarosa	8.07	18.23	34.44
Azúcares totales	14.97	25.99	43.55
Total de carbohidratos como almidones	52.86	40.57	18.48
Celulosa	66.94	64.43	59.41
Pectinas	6.43	6.95	8.02
Total N como proteína	3.34	3.62	5.38

Phillips, 1946.

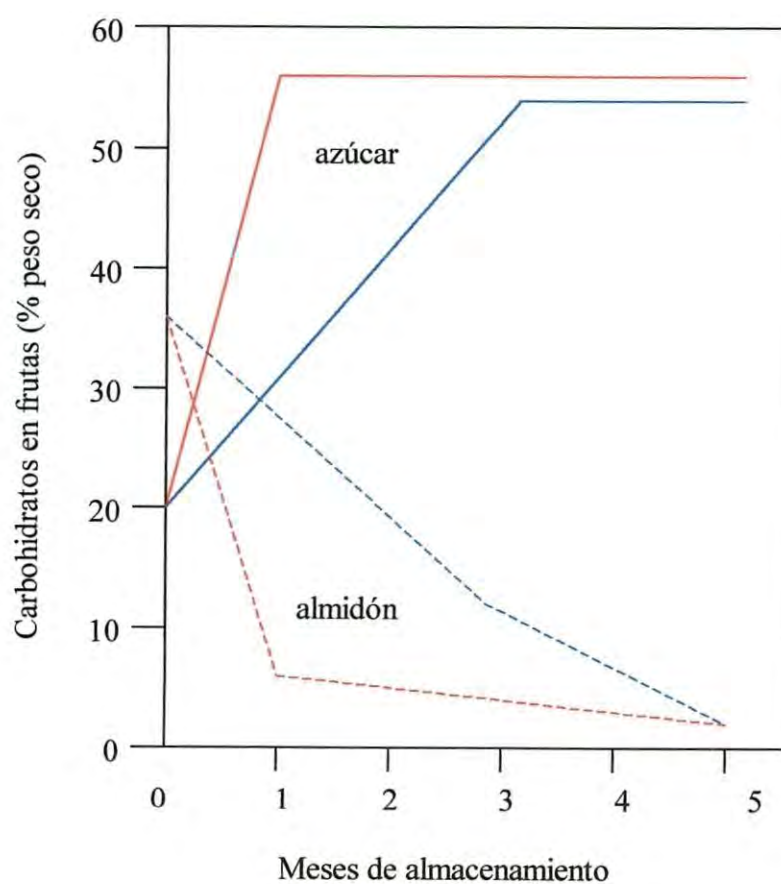


Figura 3. Cambios en el contenido de azúcar (línea continua) y almidón (línea punteada) en frutos de calabaza (*cucúrbita moschata*) durante almacenamiento. Los frutos curados a 26°C por tres semanas (línea roja) o no curados (línea azul) (Robinson y Decker-Walters, 1997).

De acuerdo a la longitud y estructura de la cadena, las sustancias pécticas se denominan: a) protopectinas, b) ácido péctico y c) pectinas (Kulp, 1975). Durante el desarrollo fisiológico y al almacenamiento de las frutas existe un cambio en el contenido y estructura de las sustancias pécticas. El contenido de éstas se incrementa conforme aumenta el tamaño del fruto y en la etapa inmadura las protopectinas son las que se encuentran en mayor proporción pero disminuyen grandemente durante la maduración, pues se hidrolizan en pectina y/o ácidos pécticos con menor grado de esterificación de la cadena (Doesburg, 1957; Boothby, 1983).

La celulosa es un homopolímero que consiste de residuos de β -1,4-glucosil. Las cadenas lineales de glucosa fuertemente unidas entre sí a través de puentes de hidrógeno forman microfibrillas, las cuales se organizan en un armazón altamente estructurada en la cual se encuentran los demás componentes (Colvin, 1980).

Los polisacáridos pécticos consisten principalmente de una cadena de α -1,4-galacturonato, con uniones a residuo de 2 y 2,4-ramnosil esparcidos en la cadena. Se cree que los residuo de 2 y 2,4-ramnosil pueden servir como puntos de unión para las partes de azúcares neutros de otras cadenas que consisten principalmente de residuos arabinosil y galactosil. La cadena galacturonana puede contener también metil esteres en el carbono 6 de los residuos carboxil o puentes de cation divalente calcio (Ca^{++}) entre los grupos carboxilos adyacentes o entre cadenas de galacturonano adyacentes (Selvendran, 1985).

La hemicelulosa es un polímero que contiene varios residuos de azúcares neutros, tales como xilosil, glucosil, fucosil y manosil, los cuales pueden estar unidos de

manera covalente a las pectinas y de forma no covalentes con la celulosa a través de fuertes puentes de hidrógeno (Selvendran, 1985).

Cambios en la pared celular asociado al ablandamiento

La mayoría de los estudios bioquímicos en cambios texturales del fruto de tomate, se han concentrado en la pérdida de firmeza relacionada con la pared celular que acompaña a la maduración promovida por el etileno. Sin embargo, debido a la naturaleza variada del complejo de carbohidratos, la investigación acerca del entendimiento de los mecanismos de los cambios en la textura, se ha enfocado en la degradación de las sustancias pécticas por la enzima poligalacturonasa (PG) (Hobson, 1964 ; Huber, 1983b). La hipótesis que ha fundamentado estos estudios asevera que los cambios en la textura ocurren a medida que las pectinas de la pared celular son hidrolizadas por la PG. Este fundamento se ha basado en cuatro aspectos interesantes : 1) Muchos trabajos han mostrado una correlación general entre la actividad potencial de la PG y el ablandamiento. Esta enzima cataliza la hidrólisis de los enlaces α (1-4) entre los restos galacturosil. Se han descubierto dos tipos de poligalacturonasas: exo y endo. La exo-poligalacturonasa actúa sobre residuos terminales, mientras que la endo-poligalacturonasas hidroliza los enlaces de forma aleatoria (Rexová-Bencová y Marcovic, 1976). Previamente a la acción de la PG actúa la enzima pectinmetilesterasa (PME) y se cree que el ablandamiento del fruto depende de la acción combinada y sinérgica de PME y PG; según estudios realizados, PME cataliza la hidrólisis de grupos metil-ester de pectinas produciendo pectinas con bajo grado de metilación, que son sustrato para PG (Turker et al . , 1980 ; Giovane et al . , 1994); 2) Un incremento en los poliuronidos solubles durante la maduración; 3) La ausencia de niveles apreciables de la

PG y el ablandamiento en frutos mutantes con el gen *nor* (non-ripening) y 4) La habilidad de preparaciones crudas de PG para hidrolizar material aislado de paredes celulares *in vitro* (Lavabich, 1981; Huber, 1983b; Brady, 1987; Bartley y Knee, 1982).

En un esfuerzo por determinar cuales polímeros de la pared celular son degradados y solubilizados durante el proceso de ablandamiento, se han estudiado cambios en la composición de otros carbohidratos de la pared celular durante la maduración. Se ha señalado que este tipo de análisis composicional pueden dejar de manifiesto cambios más sutiles en la estructura de la pared celular que no resultan en la solubilización de sus constituyentes (Huber, 1983a). En estudios relacionados con el metabolismo de la pared celular enfocados a la identificación del destino de los residuos galactosil durante la maduración, se encontró que el contenido de monómeros de galactosa soluble se incrementó 5 veces durante la maduración; este incremento no ocurrió en frutos mutantes *rin* (ripening inhibited) (Gross y Saltveit, 1982). Presumiblemente el incremento en residuos de galactosa libres ocurre como resultado de los cambios en el reacomodo del galactano de la pared celular (Lackey et al ., 1980)..

Textura

Después de la apariencia visual, el factor más importante de la calidad de los frutos es la firmeza (Bourne, 1980). La textura de los alimentos depende de la interacción de un número de propiedades físicas de los materiales alimenticios así como dureza, cohesividad, viscosidad, elasticidad y adhesividad (Eskin, 1989).

Las frutas y hortalizas frescas generalmente son consumidas como tales o son usadas como materia prima en proceso como el cocinado, el enlatado, la congelación, el

escaldado, el secado, etc. La textura de una fruta o verdura fresca es importante ya que la aceptación por parte del consumidor puede depender de ella. En caso de frutas o verduras que van a ser procesadas, la textura puede indicar si el alimento es la materia prima adecuada para el proceso. (Anzaldúa-Morales y Brenan, 1984b).

Los principales propósitos para estudiar la textura de los alimentos son: 1) Control de calidad. La materia prima debe tener una textura adecuada para soportar el proceso, las condiciones del proceso deben conducir a un producto con las características de textura requeridas por las especificaciones, y el producto debe tener una textura que pueda ser aceptada por los consumidores. 2) Desarrollo de productos. Las propiedades de textura deben ser consideradas en la formulación de nuevos productos, así como los otros atributos organolépticos y los factores nutricios, biológicos y económicos. 3) Diseño de instrumentos para la medición objetiva de la textura. Generalmente se procura obtener instrumentos cuya operación sea sencilla y rápida, que arrojen resultados reproducibles, precisos y que muestren relación con atributos sensoriales. 4) Estudios para definir la textura de alimentos y explicar su comportamiento bajo la influencia de diferentes factores. (Anzaldúa-Morales y Brenan, 1984a).

Las frutas y hortalizas varían en su textura, hay indicaciones que entre las frutas, las lecturas del penetrómetro dependen del espesor del exocarpio, del contenido total de sólidos o en hortalizas como la papa las diferencias en el contenido de almidón, también depende la textura de la turgencia, cohesión, forma y tamaño de las células, las células pequeñas con espacios intercelulares escasos o pequeños, producen una textura compacta, las células grandes con frecuencia con espacios intercelulares grandes, dan lugar a una textura gruesa o esponjosa. La turgencia es producida por la presión del

contenido celular sobre la pared de la célula. Depende de la concentración de sustancias osmóticamente activas en la vacuola, de la permeabilidad del protoplasma y de la elasticidad de la pared celular. La cohesión de las células depende de la cantidad y calidad de las sustancias pécticas. Con la maduración aumenta las pectinas solubles en el agua y disminuye las fracciones insolubles, dando por resultado una fácil separación de las células. Dependiendo del grado de separación de éstas, algunos frutos maduros son harinosos, en tanto que otros son cremosos o como mantequilla (Pantastico, 1984).

Para la medición de la textura de frutas y verduras se usan cuatro métodos generales: evaluación sensorial, métodos instrumentales, estudios de la estructura y métodos químicos.

Evaluación sensorial

La textura es un atributo sensorial y como en el caso del sabor, el olor y la apariencia, el ser humano es el mejor juez. El consumidor puede diferenciar la textura de diferentes alimentos, sin embargo la evaluación sensorial requiere un gran número de jueces. El número de degustadores puede ser reducido por medio de entrenamiento (Szczesniak y Kleyn, 1963). Las principales propiedades sensoriales de textura son: la flexibilidad, dureza, masticabilidad y succulencia (Schutz et al., 1972).

Mediciones instrumentales.

Han sido desarrollados varios métodos para la medición la textura de alimentos por medio de instrumentos. Las frutas y verduras son materiales complejos, y debido a la gran variedad de sustancias que están compuestas es difícil definir y medir sus propiedades mecánicas. La textura además de ser una propiedad sensorial, es una

característica mecánica, ya que el estímulo sensorial es el resultado de haber sometido el alimento a esfuerzos mecánicos por medio de la mano o los dientes. Por lo tanto, el estudio del comportamiento mecánico de los alimentos es la base para el desarrollo y diseño de métodos instrumentales. Se han propuesto explicaciones a la textura desde el punto de vista de la mecánica de materiales y en muchos casos se ha logrado expresar la textura de frutas y verduras en términos de ingeniería.

Las propiedades mecánicas de una fruta o verdura, se estudian sometiendo el alimento a fuerzas y observando la deformación causada por tales fuerzas. Una posible curva de fuerza contra deformación para un producto agrícola se muestra en la Figura 4. Otro parámetro hallado es el “punto biológico de cedencia” En la grafica corresponde al punto en el cual hay un incremento en deformación con una disminución o sin cambio alguno de fuerza. En algunos productos agrícolas, es una indicación de ruptura inicial en la estructura celular del alimento: El material cede. El estudio de las propiedades mecánicas de frutas y verduras, como un índice de la textura no solamente es útil para estimar la aceptación por parte del consumidor, sino también en el diseño de equipo adecuado para cosechar, limpiar y empacar, así como también para planear el transporte y almacenamiento y poder determinar la idoneidad de un producto agrícola en un cierto proceso (Anzaldúa-Morales y Brenan, 1984a). Para la medición de la textura de frutas y verduras por medios instrumentales se usan los métodos de compresión y compresión axial. Compresión. Al comprimir un alimento, se puede obtener una curva de fuerza contra deformación. Esta curva muestra el comportamiento del alimento y puede dar información útil acerca de su textura. Técnicas destructivas y no destructivas son empleadas.

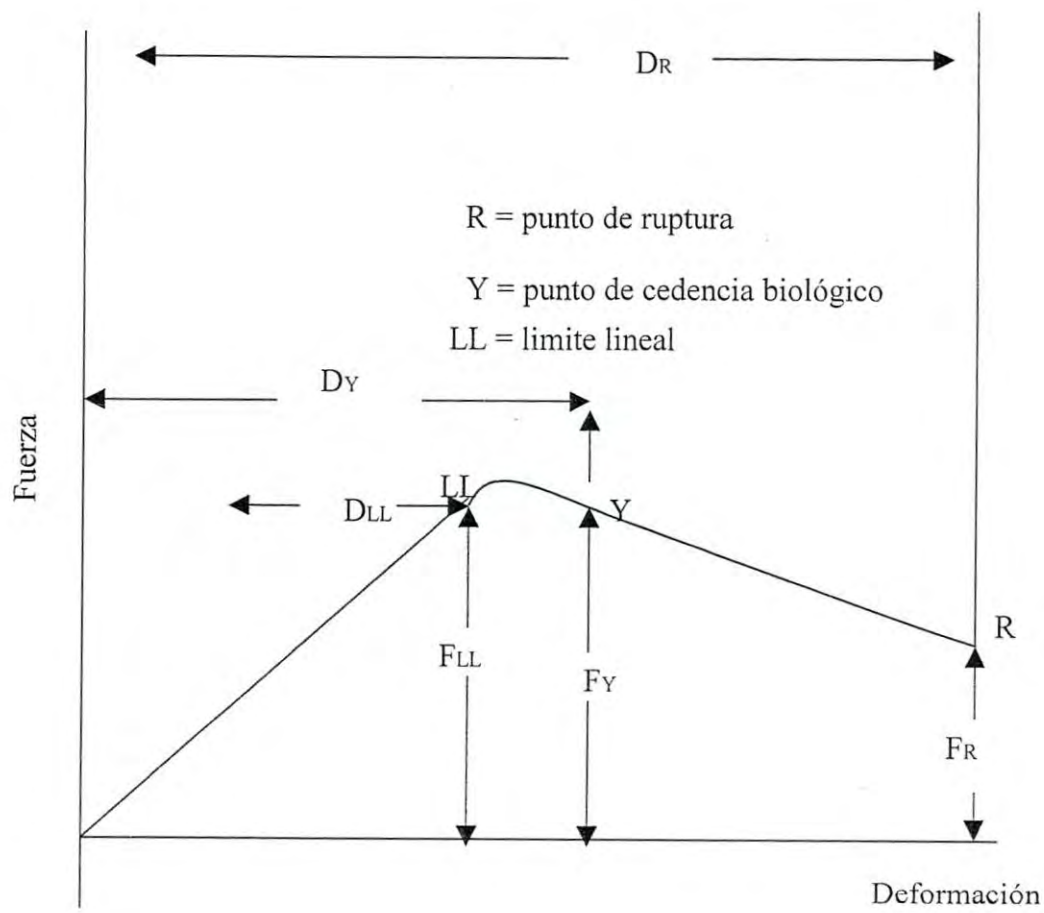


Figura 4. Una posible curva de fuerza contra deformación para un producto agrícola. (Mohsenin, 1970)

La compresión cuasiestática, es decir, efectuada a una velocidad muy lenta y dejando de aplicar la fuerza después de deformaciones muy pequeñas, permite seguir el patrón de deformación del alimento y proporciona más información que la compresión rápida. Las siguientes ecuaciones son para evaluar los módulos de elasticidad de alimentos sólidos. Este parámetro se relaciona, en algunos alimentos, con la firmeza.

Compresión axial.

La muestra es un cubo o rectángulo:

Donde:

$$\text{Esfuerzo} = \sigma = F / A = \text{fuerza} / \text{área}$$

$$\text{Deformación} = \varepsilon = \Delta L / L = \text{cambio de longitud} / \text{longitud}$$

$$\text{Módulo de elasticidad} = E = \sigma / \varepsilon$$

Las pruebas de compresión se efectúan de varias maneras. El método mas común es aplicar una carga sobre el alimento en forma cuasiestática o velocidad lenta y medir la fuerza y la deformación para obtener parámetros tales como la relación de Poisson y el modulo de elasticidad. El equipo que se utiliza para llevar a cabo objetivamente un análisis de perfil de textura es un Instron (Mohsenin, 1970; Anzaldúa-Morales y Brenan, 1984a).

Estudio de estructura microscópica.

La textura de los tejidos y órganos vegetales esta determinada por la composición de sus paredes celulares, la anatomía celular y las relaciones hídricas de sus células (Kader et al . ,1978) Se ha considerado siempre que la pared celular de las plantas esta formada por proteínas y tres componentes formados a base de carbohidratos:

pectinas, celulosa y hemicelulosa, correspondiendo un 90-95 % a la fracción de carbohidratos y 5-10 % a las proteínas (Mohsenin, 1970; Selvendran y Ryden, 1990).

Evaluaciones químicas.

Durante la maduración de la fruta o verdura, se llevan a cabo cambios en sustancias pécticas, almidón, proteína, etc. y la textura se ve afectada. Los análisis más frecuentemente llevados a cabo son: sólidos insolubles en alcohol, sólidos totales, azúcares reductores, almidón, pectina, sustancias pécticas, actividades de PME, PE pectinesterasa y polygalacturonasa, celulosa y acidez entre otras.

Índice de cosecha

Los principales indicadores externos de la madurez apropiados para el corte son un cambio en el color de la cáscara de verde brillante a un color blanco cremoso o un color ante (color piel) y la desaparición de la coloración verde. El color interno o pulpa debe ser amarillo naranja intenso y típico del cultivar (Medlicott, 1999; Cantwell y Suslow, 2000).

Cosecha

El fruto se cosecha cuando ha reunido las condiciones anteriores, y no necesariamente las guías deben estar secas o muertas, la cosecha se realiza con tijeras podadoras o cuchillos, dejando 2.5 cm (1”) del tallo pegado al fruto. El manejo de las calabazas puede hacerse en canastas para evitar daños y magulladuras, eliminando los frutos afectados. Los frutos deben ser uniforme, sin defectos y libres de daños de insectos (Medlicott, 1999; Cantwell y Suslow, 2000).

Empaque

Generalmente se usan bolsas de malla y en cajas de cartón, cuyas dimensiones son 20 x 51 x 34cm. de 23 kg. de peso. Las calabazas Butternut se empacan en varios tamaños y se clasifican de la siguiente manera: peso mínimo; 0.5 kg, máximo peso; 1.5 kg, mínima longitud; 16 cm, anchura mínima de la base 9 cm. otras condiciones que se deben tomar en cuenta son: Características de tener forma de campana bien desarrollada, no tener ninguna deformación, libre de defectos y decoloraciones oscuras, ninguna superficie achatada, ningún residuo químico, daño por pájaros o insectos, ninguna marca de daño por insectos y corte del tallo limpio.

Existen otro tipo de empaque, llamado a granel, y se empacan las calabazas en cajas de cartón o plástico con capacidad de 350 kg (Medlicott, 1999).

La calidad de las flores, vegetales o frutos son afectados por el mejoramiento genético de las plantas o por tratamientos precosecha o postcosecha (Lipton, 1980).

Manejo poscosecha y almacenamiento

La transformación de almidón en sacarosa en calabazas Butternut después de almacenamiento es notable, este es un factor considerable a favor de esta variedad (Phillips, 1946).

Las calabazas son muy sensibles al daño por frío cuando se les almacena a temperaturas inferiores a 10°C . Dependiendo del cultivar, la vida de almacenamiento es de 2 a 6 meses a 12.5-15 °C . En variedades de cáscara verde el almacenamiento a 15°C puede causar desverdización, amarillamiento indeseable y pérdida de textura. Las temperaturas altas de almacenamiento (> 15°C) causan una excesiva pérdida de peso y

de color así como una pobre calidad comestible. Con respecto a la humedad relativa optima es de 60 % (50-70 %). Para un máximo periodo de almacenamiento, son esenciales una humedad relativa moderada y una buena ventilación. Las humedades altas promueven pudriciones. Una HR entre 50-70 % reduce las pudriciones durante almacenamiento pero provoca una excesiva pérdida de peso (Cantwell y Suslow, 2000). Francis y Thomson en (1965) almacenaron muestras de calabazas Butternut en gabinetes pequeños con buena circulación de aire, manteniendo una temperatura de 45-70° F y 40-70 % HR , en cuarto refrigerado y almacenamiento común. Temperaturas medias y baja humedad marcadamente redujo el deterioro pero incremento la perdida de peso y el desarrollo de cuello hueco. Alta temperatura produjo decoloración de la piel, pérdida de peso y se inició la formación de centro hueco. Este desorden se desarrolló cuando se perdió el 15 % o mas del peso original durante almacenamiento. Esta perdida es debida a la transpiración y usualmente mostrada únicamente cuando se almacena por un largo periodo (100 días con una temperatura mayor de 15°C y una HR de 60 %) o más rápidamente a baja HR. (Ryall y Lipton, 1970).

Cambios en la composición de calabaza durante almacenamiento

Se han realizado estudios sobre los cambios en la composición de la calabaza durante el almacenamiento utilizando *C. máxima* cv ESAL 7506, así como híbridos de *C. maxima* y *C. maxima* x *C. moschata*. Las muestras se almacenaron a 20°C por más de 70 días. Los resultados indicaron un incremento en la concentración de sólidos solubles totales y β -caroteno y una reducción del contenido de almidón. Estos cambios fueron moderadamente diferentes entre las variedades (Pedroza et al., 1983). Otro estudio de la composición de muestras de tres variedades de calabaza tomadas en la

cosecha y después de varios periodos de almacenamiento conducidos durante tres estaciones llegaron a las siguientes conclusiones: 1) La conversión de almidones a azúcares simples es rápida y prácticamente completa a lo largo del almacenamiento. 2) En calabaza Butternut la proporción de sacarosa en el total de azúcares es muy alta. 3) El contenido total de agua libre se incrementa. Con respecto a porcentaje de peso seco, contenido de celulosa y pectina se incrementaron durante el almacenamiento. La producción de las diferentes fibras es perceptible pero no notable de la porción comestible. Durante la maduración esos cambios en composición difieren con los cambios en la pulpa, especialmente en los siguientes aspectos : 1) La pulpa tiene una apreciable pérdida de agua; 2) La pérdida total de carbohidratos es mucho más rápida; 3) La ganancia en celulosa y pectinas son más pronunciados. (Phillips, 1946).

Composición química de la calabaza

C. moschata tiene un valor nutritivo alto por ser rica en almacenamiento de carbohidratos y buena fuente de vitaminas A y C (Yamaguchi 1983). El consumo de cultivos hortícola provee más del 80 % de la vitamina A para el mundo (Simon, 1997)

La calabaza Kabocha es rica en ácidos ascórbico, nicotínico, pantotenico, fólico y es la materia prima para la producción de caroteno. El principal carbohidrato es la glucosa (2.65%), con 2% de celulosa + hemicelulosa, 0.9 % de fructosa, 0.5 % de sacarosa y de 0.3 % al 0.8 % de pectina. En el aceite de las semillas predominan entre los ácidos grasos el ácido linoléico (45%). También contiene proteínas como las cucurbitinas y vitaminas (C, B, E y Carotenoides). Los elementos minerales principales en mg/100g peso fresco, son K (238), Ca (25), P (25), S (16) y Mg (14.5) ; entre las

trazas de elementos importantes en mg/100g están: Fe (400), Zn (240), Cu (180), F (86), Mn (40), Co (1) y I(1), (Vucetic et al., 1991).

En calabaza Butternut cruda se encontraron los siguientes valores sobre 100 g de pulpa ; 86.4 g de agua, 0.18 g de nitrógeno total , 1.1 g de proteínas, 0.1 g de grasas, 8.3 g de carbohidratos, valor energético de 36 Kcal y 155 KJ, 3.4 g de almidones, 4.5 g de azúcares simples totales, 1.5 g de glucosa, 1.5 g de fructosa, 1.5 g de sacarosa, 1.6 g de fibra (método Englyst) , 0.7 g de celulosa, así como las siguientes vitaminas 3630 µg de Caroteno, 1.83 mg de vitamina E, 0.10 mg de Tiamina, 0.02 mg de Riboflavina, 0.7 mg de Niacina, 0.2 mg de Triptofano, 0.15 mg de vitamina B₆ , 27 µg de Folato, 0.40 mg de Pantotenato, 0.4 µg de biotina y 21 mg de vitamina C. No se encontró vitamina B₁₂ (Holland et al. , 1991).

El color de la pulpa de calabaza es debido principalmente, al contenido de β-caroteno. En calabazas Butternut se reporta que el contenido de β-caroteno constituye aproximadamente del 25 al 35% de los carotenoides totales y que su contenido y el de otros carotenoides se incrementan durante el almacenamiento aproximadamente en la misma proporción. En las calabazas el contenido de pigmento por fruto difiere mucho entre las variedades. (Francis, 1962).

El papel del β-caroteno como un precursor de la vitamina A es bien conocido. Los carotenoides tienen importancia clínica ya que pueden dar protección en muchos casos de cáncer (Sadler y Davis, 1990). Una nueva propiedad de la vitamina A y β-caroteno es su función sobre la absorción de hierro en humanos. Estudios han demostrado que la vitamina A inhibe el efecto de los polifenoles y parcialmente el de los fitatos sobre la absorción de hierro. Estudios espectrofotométricos y de HPLC en

plantas demostraron que ocurren interacciones entre vitamina A y el hierro. La presencia de vitamina A aumentó la absorción del hierro hasta tres veces en arroz, 2.4 veces en trigo y 1.8 veces en maíz. El β -caroteno aumentó la absorción hasta 3 veces para los tres cereales estudiados. Esta información sugiere que la vitamina A y el β -caroteno forman un complejo con el hierro que en los humanos se mantiene soluble en el lumen intestinal y evita el efecto inhibitorio de fitatos y polifenoles sobre la absorción de hierro (Layrisse et al., 2000).

En medicina se utiliza la vitamina A ó β -carotenos para aliviar enfermedades cardiovasculares debido a que tienen una alta proporción de Na:K, es buen diurético, se usa también en el tratamiento de diabetes, reumatismo, quemaduras, para aliviar la constipación del estómago o intestinos y contra parásitos intestinales (Vucetic et al. , 1991).

MATERIALES Y METODOS

Trabajo de campo

El presente trabajo se llevó a cabo en el campo Experimental del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora (DAG) en el ciclo de primavera en su primera etapa y verano otoño del 2001 en la segunda etapa. La caracterización de los frutos obtenidos en la segunda etapa se llevó a cabo en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. (CIAD) y en el Departamento de Investigación y Postgrado en Alimentos (DIPA) de la Universidad de Sonora.

Obtención de semilla

Durante el ciclo primavera del año 2001 (primera etapa) se establecieron lotes de cruzamiento con la siembra de 11 materiales de los cuales 10 fueron líneas autofecundadas (cmB 263-1: cmB 263-2: cmB 263-3: cmB 263-4: cmB 263-5: cmB 263-6: cmB 303-1: cmB 303-2: cmB 303-3: cmB 303-4) y la variedad comercial Waltham. La siembra se llevó a cabo en el mes de febrero en camas de 30 metros de largo con hileras al centro, con acolchado negro y riego presurizado con una separación entre camas de 2 metros y con una separación entre plantas de 33 cm., Las labores de preparación del suelo, fertilización, riego, control de malezas, de insectos y enfermedades así como el manejo de cultivo en general se llevaron a cabo siguiendo las prácticas que se aplican en la región.

Hibridaciones y autofecundaciones

Los híbridos que se hicieron son Wx263-1, Wx263-2, Wx263-3, Wx263-4, Wx263-5, Wx263-6, Wx303-1, Wx303-2, Wx303-3: Wx303-4, estos híbridos se seleccionaron porque se comportaron mejor con respecto a rendimiento, concentración de sólidos solubles, color, mejor apariencia así como precocidad y reacción al VHEC y al PHC, tanto en el DAG como en el campo San Arturo en la Costa de Hermosillo (Garza y Serrano, 2001), se realizaron autofecundaciones de todas las líneas anteriormente mencionadas y la variedad comercial Waltham.

Durante el periodo de floración se tuvo un control muy estricto de las polinizaciones en las cruzas directas de líneas con la variedad comercial así como en las autofecundaciones tanto para las líneas como para la variedad comercial. Es importante realizar autofecundaciones principalmente de líneas para mantener fuente de semillas pura. En esta etapa el principal objetivo fue el de obtener semillas suficiente para la segunda etapa.

La cosecha de los híbridos se realizó durante el mes de junio y en julio las líneas autofecundadas, cuando el fruto llegó a su madurez de corte (45 días después de la polinización), posteriormente se almacenó a temperatura ambiente y a la sombra (almacenamiento convencional) para completar su madurez, posteriormente se le extrajeron las semillas y se prepararon para la siguiente etapa.

En la segunda etapa, durante el ciclo verano-otoño del 2001, se realizó la siembra el 28 de agosto con el mismo sistema y método, con la diferencia que en este no se

utilizo el acolchado. Se sembraron 12 surcos, 10 surcos de cada híbrido obtenido y como testigos la línea cmB 303-2 y la variedad comercial Waltham.

El diseño experimental aplicado en el campo al momento de la cosecha fué completamente al azar, de los 10 híbridos se seleccionaron Wx263-3, Wx263-4, Wx303-1 y Wx303-2, y de las 10 líneas se escogió la línea 303-2, para tener una representatividad de ellas así como la variedad comercial Waltham. La selección de los híbridos se baso porque estos presentaron mejor apariencia y uniformidad además de las características anteriormente citadas. Los híbridos y la variedad comercial Waltham se cosecharon el 28 de diciembre (48 días después de floración) y la línea 303-2 quince días después, debido a que su floración es mas tardía, posterior e inmediatamente a la cosecha se realizó la caracterización física y química de los frutos y posteriormente a las 6 y 10 semanas bajo almacenamiento convencional a 20° C y 65-70 % HR. Las evaluaciones físicas y químicas se realizaron cada 15 días y cada 5 días la tasa respiratoria y producción de etileno.

Trabajo de laboratorio

Evaluaciones fisiológicas

Los muestreos para el análisis de los frutos con respecto a velocidad de respiración y producción de etileno, se seleccionaron 2 frutos de cada tratamiento, aproximadamente del mismo peso y libre de cualquier tipo de daño. Los frutos se colocaron individualmente en recipientes de plástico previamente pesados con capacidad de 3.75 litros. Estos frascos fueron sellados con parafilm alrededor de la tapa para evitar fugas y se incubó durante 2 horas. Las determinaciones se realizaron cada 5 días durante 8 semanas.

Tasa respiratoria. Para medir la velocidad de respiración, se tomaron muestras de gas del espacio de cabeza, utilizando una jeringa hipodérmica de 1 mL. y se inyectaron en un cromatógrafo de gases marca Varian 3300, el cual está equipado con dos detectores, uno de conductividad térmica para CO₂ y otro de ionización de flama para etileno. Se utilizó nitrógeno como gas acarreador. El análisis se realizó por duplicado en cada fruto (Watada et al., 1984). La cuantificación se realizó mediante integración de los picos de la muestra utilizando curvas de calibración de estándares el 5 % de CO₂ de acuerdo con la metodología descrita por Báez *et al.*, (1997). (Saltveit y Sharaf, 1992).

Para la cuantificación de CO₂ se empleó la siguiente fórmula:

$$\text{ml CO}_2/\text{Kg-h} = (L1 \times C \times F)/(L2 \times P)$$

donde; L1 = altura de la muestra; C = concentración de la fracción estándar; F = flujo ml/h ; L2 = altura del estándar; P = peso de la muestra.

Producción de etileno. Este gas se determinó en los mismos frutos donde se cuantificó la producción de CO₂ utilizando el mismo sistema cerrado. El estándar utilizado para etileno fue gas al 0.92 %. La fórmula utilizada para su cuantificación fue la misma que para el caso anterior con la única diferencia que el etileno se reporta en µl de etileno/Kg-h.

Determinación de las características físicas del fruto.

Perdida de peso.

Durante el almacenamiento se efectuó un seguimiento de pérdida de peso de 10 calabazas por tratamiento, las cuales se pesaron empleando para ello una balanza digital Ohaus, con capacidad de 3000 g y subdivisiones de 0.1g. los resultados se expresaron

como porcentaje de peso fresco perdido. En todos los casos utilizando la siguiente formula : $\% \text{ pérdida de peso} = \frac{\text{peso inicial} - \text{peso final}}{\text{peso inicial}} \times 100$

Densidad

Para realizar esta evaluación se tomaran 5 frutos como muestras de cada tratamiento, aproximadamente del mismo peso y libre de cualquier tipo de daño. El cálculo se realizó dividiendo el peso sobre el volumen desplazado de agua y el resultado se expresa en g/cm^3 .

Características morfología de los fruto.

Para las siguientes determinaciones se realizó un corte longitudinal de la calabaza para obtener una mejor exposición de sus características físicas. Longitud del fruto es la medición longitudinalmente del fruto, el ancho del fruto (bulbo). θ^2 , es la medición transversal del bulbo, la forma de fruto se estimó midiendo la proporción cuello/bulbo en cm. utilizando la formula θ^1/θ^2 donde θ^1 es la medición transversal del cuello fruto y θ^2 es la medición transversal del bulbo. El tamaño y forma de la cavidad del fruto se utilizó la formula $C = C^1/C^2$ donde C^1 es la distancia vertical interna de la cavidad y C^2 es la distancia horizontal de la cavidad interna (Mohsenin, 1970).

Color del fruto.

Se tomaron 3 frutos por tratamiento y se realizaron 2 mediciones tanto en la cáscara como en la pulpa utilizando un colorímetro de triestímulo Miniscan Hunter Lab (MS/B2500L) previamente calibrado. Los valores obtenidos fueron "L", "a" y "b" donde "L" =Representa la luminosidad, que indica que tan blanco u oscuro es el color de la muestra. Los valores que pueden tomar van desde: L_0 = negro; L_{50} = gris y L_{100} =

blanco; “a” = Tiene un rango de color del rojo al verde con valores de $-a = -60$ (verde) hasta $+a = +60$ (rojo), y “b” = tiene un rango de color que va del amarillo al azul, con valores de $-b =$ (azul) hasta $+b = +60$ (amarillo) (Hunter, 1987; Skrede, 1985).

Estas variables en conjunto nos presentan el ángulo de matiz de la muestra que se calculó de la siguiente manera: $\Theta = \arctg (b/a)$. Los valores obtenidos se graficaron en la esfera de color esquematizada con los diferentes matices. (figura 4).Además se calculó la pureza de color ó chroma utilizando la formula: $Chroma = \sqrt{(a)^2 + (b)^2}$. Este parámetro nos indica como su nombre lo dice la pureza del color, y va de cero que es el centro en la esfera de color (Figura 4) y se incrementa de acuerdo que tanto se aleja del centro (Hunter, 1987).

Textura

Se utilizaron 3 frutos de cada tratamiento y de la parte del cuello se obtuvieron 6 cilindros 2 de la parte pegada a la planta, 2 en la parte central y 2 en la parte cercana al bulbo; las dimensiones de los cilindros fueron de 20 milímetros de longitud por 18.5 milímetros de diámetro. Las mediciones se realizaron con un Instrom Universal midiendo la compresión de las muestras.(Mohsenin 1970) La velocidad del cabezal o cruceta fué de 50 mm/seg. con una máxima extensión de 10 mm. Las evaluaciones se realizaron a una temperatura de 25°C y a 50% de humedad. Los parámetros obtenidos con este equipo fueron máxima fuerza medida como kg-f y modulo de Young, medida como kg-f/mm.

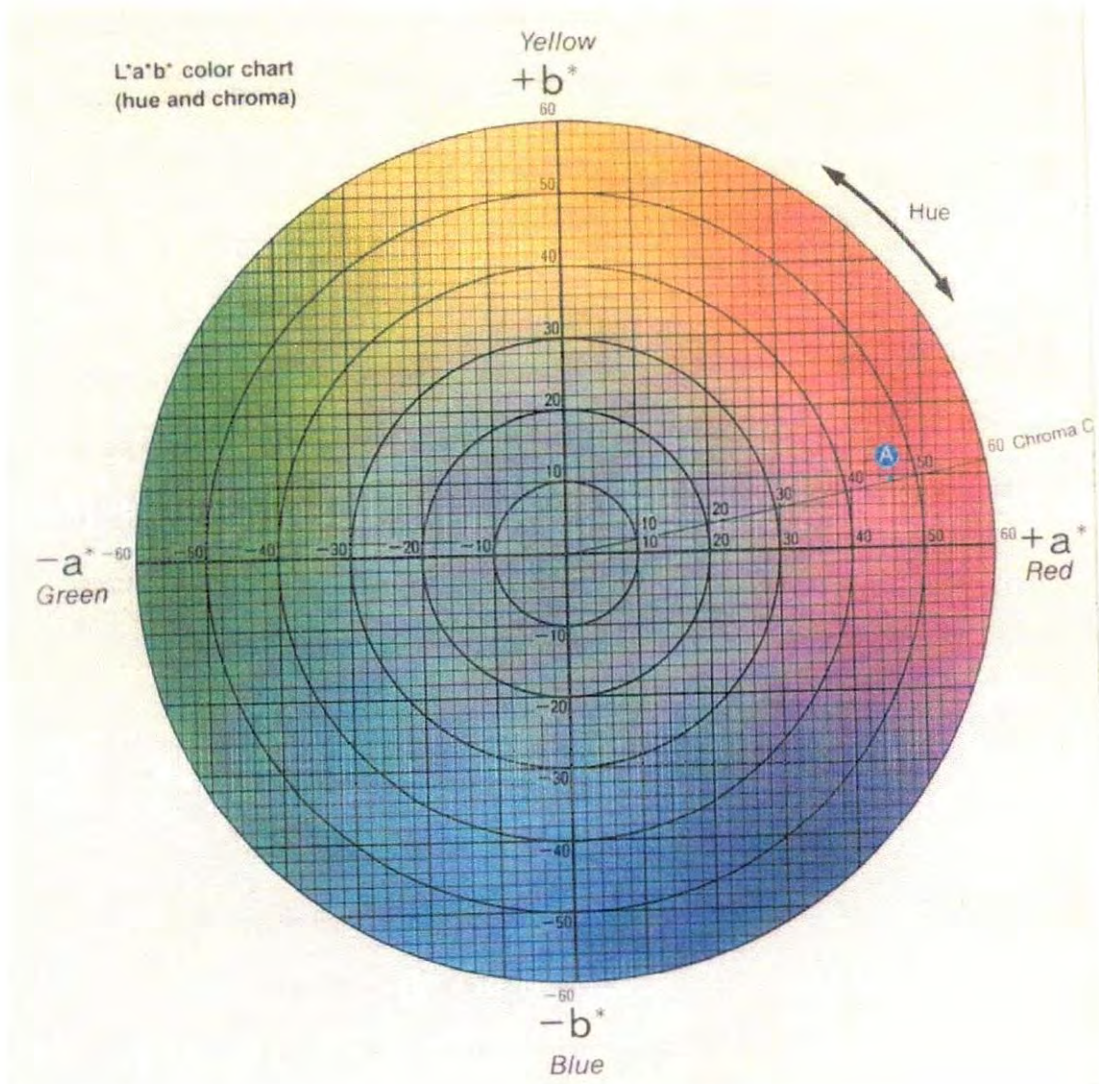


Figura 5. Esquema del Colorímetro Hunter Lab.(Hunter, 1987).

Determinaciones de la composición químicas del fruto

Se determinó de acuerdo al método oficial de la A.O.A.C. (1990). Para estos parámetros se maceraron tres frutas por triplicado, se tomaron 10 g de muestra y se homogenizó con 50 ml de agua destilada ajustada a pH 7.0, el homogenizado se filtró en una tela de lino.

Acidez titulable

se determinó tomando tres alícuotas de 50 ml. del extracto, las cuales fueron valoradas con una solución NaOH 0.096 N en un titulador automático Mettler modelo DL21 hasta alcanzar un pH de 8.2 . Los resultados se expresaron en % de ácido cítrico.

pH

La determinación de pH se realizó directamente en el titulador automático previa lectura de acidez titulable.

Sólidos solubles totales

Para la determinación de sólidos solubles totales expresados como °Brix, se tomaron muestras por triplicado obtenidas de pequeñas cantidades de pulpa de calabaza. La muestra se colocó en el prisma de un refractómetro digital ABBE modelo 1045 (American Optical Corporation. Búfalo, N.Y.), se cerró la cavidad y se tomó la lectura calibrada a 20°C.

Almidones

El método usado para medir la concentración de Almidones fue el reportado por Irving (1999), en calabaza Buttercup *cucurbita maxima* y basado en el método de Magel

(1991). El método se basa en la extracción de almidones con ácido clorhídrico (HCl), teñido con yoduro de potasio (KI/I), y midiendo la absorbancia a 530 y 625 nm.

Las muestra de calabaza, se molieron en una licuadora y después se peso un gramo de cada una, primero se decoloraron con varios lavados de 12 partes de metanol: 5 partes de cloroformo: 3 partes de agua destilada (por volumen) seguido por 10 minutos en la centrifuga a 2000 rpm, después de cada centrifugación, los pigmentos súpernadantes fueron removidos. Finalmente las muestra fueron enjugadas con 5mL de metanol, centrifugando por 10min. a 2000 rpm, el súpernadante fue removido y el residuo secado bajo vacio. Las muestras secas y decoloradas fueron disueltas en HCL 18% (w/v) dejándolas por 10 min. a 20 °C, posteriormente se centrífugo a 2000 rpm y se disolvió con HCL a 18 %(w/v). Se tomaron 600 µl de submuestra y diluídas a 1.8 % HCL (w/v) con agua destilada. A la solución diluida (600 µl) se agregaron 10 ml más de HCL al 1.8% y 600 µl con la solución KI/I. La absorbancia de las muestras fue medida y comparadas con un blanco compuesto de la solución de HCL al 1.8% y KI/I. La absorbancia fue medida a 530 y 625 nm, y la proporción de las absorbancias A_{625}/A_{530} fueron calculadas. Las concentraciones fueron determinadas en base a una curva estándar hecha con 5,7.5,10,15,25, y 50 µg/ml de almidón diluída con HCl al 1.8% (Magel, 1991; Irving, 1999).

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Los resultados obtenidos de estos experimentos se evaluaron mediante un diseño completamente aleatorio con arreglo factorial, donde los factores fueron los siguientes: Los híbridos Wx263-2, Wx263-4, Wx303-1 y Wx303-2, Línea 303-2 y la variedad comercial Waltham, el otro factor es los días de almacenamiento 0, 15, 30, 45 y 60.

El modelo lineal estadístico utilizado es $Y_{ijk} = \mu + T_i + B_j + (TB)_{ij} + e_{ijk}$

Donde : μ = media general; T_i = efecto del factor 1; B_j = efecto del factor 2 (TB)_{ij} = efecto de la interacción entre T_i y B_j ; e_{ijk} = error experimental aleatorio con distribución normal e independiente. El análisis estadístico de los datos obtenidos en este estudio se llevó a cabo utilizando el paquete estadístico SAS (Statistical Análisis Sistem).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluaciones físicas

Morfología del fruto

Longitud del fruto. La longitud mínima que se requiere en el mercado internacional es de 16 cm (Medlicott, 1999). En esta variable la línea 303-2 presentó un valor promedio de 29.940 cm, comparativamente superior a los híbridos que tuvieron valores intermedios de 19.300 y 22.900 cm y a Waltham con un valor promedio de 15.600 cm, como lo demuestra en el Cuadro 7. Los híbridos no presentaron diferencia significativa entre ellos pero sí con respecto a la línea 303-2 y a Waltham. Estos datos coinciden con los resultados obtenidos por Garza y Serrano en el lote establecido en el DAG en el 2001.

Relación diámetro cuello / bulbo. Esta variable nos indica la forma externa de los frutos siendo deseable un valor ligeramente menor a la unidad. En calabazas tipo Butternut es común observar frutos que presentan el mismo valor de diámetro de bulbo y de cuello (Mutschler y Pearson, 1987). Los resultados nos indican que no hubo diferencia significativa entre los híbridos, la variedad comercial Waltham y la línea 303-2, aunque el valor más cercano a la unidad lo tuvo el híbrido Wx263-4 con 0.7366 y el valor más pequeño lo fue para la línea 303-2 con 0.6576, los otros híbridos y Waltham tuvieron valores intermedios entre 0.6610 y .0688 (Cuadro 7). Garza y Serrano en el 2001, obtuvieron valores para Waltham de 0.60 en el DAG y 0.68 en el campo San Arturo y los híbridos no presentaron diferencia significativa en los dos lotes experimentales.

Cuadro 7. Valores promedios de longitud, forma del fruto y forma de la cavidad de frutos híbridos, variedad comercial Waltham y la línea 303-2 tipo Butternut.

Tratamientos	Longitud (cm)	Forma de fruto (ancho cuello /bulbo)	Forma de la cavidad (diámetro polar /ecuatorial)
Línea 303-2	29.940 a	0.6576 a	0.9636 b
Wx263-3	22.900 b	0.6610 a	0.9449 b
Wx263-4	22.700 b	0.7366 a	1.1373 a
Wx303-1	21.300 b c	0.6794 a	0.9421 b
Wx303-2	19.300 c	0.6636 a	1.1041 a
Waltham	15.600 d	0.688 a	0.9024 b

Letras iguales en la misma columna significan medias iguales.(Tukey $P \leq 0.05$).

Cavidad del fruto. La forma típica de la cavidad del fruto en Butternut es redonda ó ligeramente aplastada (Mutscher y Pearson,1987). Los datos presentados en la Cuadro 7, nos indican que no hay diferencia significativas entre los híbridos Wx263-4 y Wx303-2, los cuales presentaron la forma ligeramente alargada y la línea 303-2, Waltham y los híbridos Wx263-3 y Wx303-1 presentaron la forma ligeramente aplastada(Muhsenin, 1970).

Pérdida de peso

La pérdida de peso registrada por los híbridos y Waltham no fué significativa sin embargo la línea 303-2 con 4.335 % presentó la menor pérdida de peso a los 15 días. El porcentaje mas alto fue para el híbrido Wx263-3, seguido por Waltham, Wx303-1, Wx263-4 y Wx303-2 con valores intermedios de 8.294 y 7.372 respectivamente (Cuadro 8). Durante los 60 días a condiciones de 20° C y 65% HR los híbridos perdieron entre 18.046 y 20.447 % del peso total, Waltham 21.978 y la línea 303-2 perdió solamente el 10.606 % en ese mismo periodo. Todas las calabazas presentaron su mayor pérdida de peso en los primeros 15 días, en términos de acumulación y fue progresivo a través del tiempo (Figura 6). Después de los primeros 15 días de almacenamiento los porcentajes de pérdida de peso de los frutos fueron alrededor de 4 % cada 15 días durante los 60 días de almacenamiento y en la línea fue de 1.8 a 2 % de pérdida de peso en esos mismos periodos.

La pérdida de peso de los frutos se considera uno de los principales motivos de su deterioro, pues se ha reportado que pérdidas de peso de solo 5 % marchitan y arrugan algunos productos Hortofrutícolas (Wills et al., 1977).

Cuadro 8. Valores promedio de porcentaje de pérdida de peso de frutos híbridos, variedad comercial Waltham y la línea 303-2 tipo Butternut almacenada a 25° C y 65 % de HR. durante 60 días

Tratamientos	Días			
	15	30	45	60
Waltham	8.294 a	13.078 a	17.450 a	21.978 a
Wx263-3	8.495 a	12.660 a	16.588 a	20.447 a
Wx303-1	7.992 a	12.155 a	15.812 a	19.525 a
Wx263-4	7.458 a	11.338 a	14.729 a	18.046 a
Wx303-2	7.372 a	11.300 a	14.876 a	18.493 a
Línea 303-2	4.335 b	6.854 b	8.795 a	10.606 b

Letras iguales en la misma columna significan medias iguales. (Tukey $P \leq 0.05$).

Sin embargo, los frutos híbridos y la variedad comercial Waltham analizados en este estudio, a pesar de haber experimentado pérdidas de 8.495 a 7.372 % los primeros 15 días, mantuvieron una apariencia atractiva, aún al final del periodo de almacenamiento, sin presentar arrugamiento, ni otro síntoma visible de marchitamiento. Otro problema que se presenta es el desorden fisiológico conocido como corazón hueco, que consiste en la formación de un hueco en el centro del cuello y lo largo del mismo (Francis and Thomson, 1965). Este desorden se desarrolla, cuando las calabazas Butternut pierden cerca de 15 % o más de su peso original durante su almacenamiento. Esta pérdida es debida principalmente, a transpiración y usualmente se muestran después de almacenamientos prolongados, cerca de 100 días a Humedad Relativa de 60% (Ryall y Lipton, 1983). Este problema tampoco se presentó, en estos materiales evaluados, aunque, Waltham presentó en los últimos 15 de almacenamiento, menor textura, siendo diferente significativamente a los híbridos y a la línea. La pérdida de agua ha sido atribuida a la pérdida de agua interna durante la transpiración. El agua se pierde principalmente a través de los estomas (por donde se da también el intercambio de los gases O_2 y CO_2), lenticelas y la cutícula. Las pérdidas debida a la respiración en forma de CO_2 y vapor de agua se consideran mínimas, pues representa sólo cerca del 0.05 % del peso total que se pierde en una semana, por otro lado Ryall y Lipton, (1983) establecen que la cantidad de sustrato consumida durante la respiración es menor, de cerca de 1 gramo por cada gramo de CO_2 producido y dado que la mayoría de los vegetales produce no más de 0.1 gramo de CO_2 por cada Kg de material vegetal por hora, la pérdida de sustrato podría ser de solo 0.01% por hora; consecuentemente, aún en cultivos almacenados por 6 a 8 meses, la pérdida de peso debida a la respiración usualmente no es mas de 2 o 3 % (Ryall y Lipton, 1983).

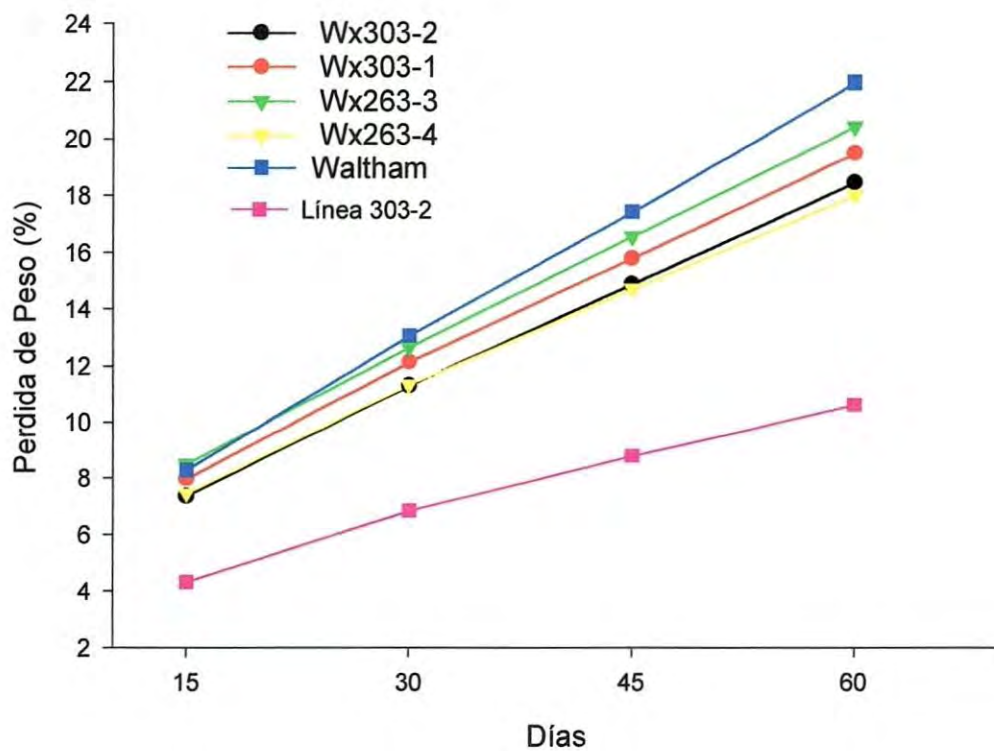


Figura 6. Determinación de pérdida de peso (%) de frutos híbridos, variedad comercial Waltham y la línea 303-2 de calabaza tipo Butternut almacenadas a 25°C y 65% de HR. durante 60 días.

Además, se debe considerar que las calabazas tienen tasas de respiración bajas. Otro factor que afecta la pérdida de agua es la relación área superficial/volumen. Desde un punto de vista exclusivamente físico, la pérdida por evaporación son tanto más elevadas cuanto mayor sea este cociente, lo cual significa que un fruto con un índice mayor perderá agua más de prisa que uno menor (Wills *et al.*, 1977).

Densidad

Es esencial una relación entre peso y volumen de un producto agrícola, porque es un buen indicador para medir el total de sólidos o peso seco como en el caso de la papa (Salunke, 2000). Durante el desarrollo de los frutos la densidad de los mismos, es alta y va descendiendo durante el proceso de maduración, así lo demuestra los resultados obtenidos por Westwood (1962) en pera, manzana y durazno. Los resultados obtenidos nos demuestran que existe diferencia significativa con respecto a los días de almacenamiento, obteniéndose el valor más alto al inicio de este periodo (día cero) con un valor promedio de 1.1342 y con 1.0620 el día 60, siendo diferentes significativamente entre ellos (Cuadro 9). Los días 15, 30 y 45 se comportaron muy semejante con valores de 1.1081, 1.0853 y 1.0960 respectivamente, siendo iguales estadísticamente los días 15, 30 y 45, así como los días 0, 15 y 30, también, son iguales los días 30, 45 y 60 (Cuadro 9). En ciertos frutos es un índice de control de calidad, como en papa, que se requiere papas con alta densidad, un producto con baja densidad quiere decir que tiene bajo contenido de almidón y un alto contenido de azúcares reductores (glucosa y fructosa) como resultado de la sucesiva degradación del almidón y este polisacárido es responsable de las principales características de calidad (alto

Cuadro 9. Valores promedios obtenidos de la densidad de los frutos de calabaza tipo Butternut almacenadas a 25° C y 65% HR. durante 60 días.

Día	Densidad	
0	1.1342	a
15	1.1081	a b
45	1.0960	a b c
30	1.0853	b c
60	1.0620	c

Letras iguales en la misma columna significan medias iguales (Tukey $P \leq 0.05$)

contenido de materia seca, mayor gravedad específica y menor acumulación de azúcares reductores)(Manrique,2002). En caso de calabazas, es una característica favorable, el alto contenido de almidón, para que durante el periodo de almacenamiento, tal compuesto se hidrolice y de lugar a los azúcares reductores(Irving,1999). Con respecto a los materiales evaluados, no hubo diferencias significativas entre todos los híbridos los cuales tuvieron valores entre 1.1505 y 1.129 y Waltham de 1.1182, la línea 303-2 con un valor de 0.9045 si presento diferencia significativa a todos los materiales evaluados (Figura 7). Resultados similares obtuvo Blanpied (1965) en distintas variedades de manzana, que tuvieron valores que oscilaron entre 1.29 y 1.17 al final de la cosecha. La densidad de los frutos puede ser afectada por la madurez, la variedad, lugar de producción, la cantidad y tipo de fertilizante usado y varios factores del medio ambiente como luz, irrigación y otros (Salunke, 2000). Las propiedades hidrodinámicas y aerodinámicas de los productos agrícolas son muy importantes a considerar, debido a que son muy susceptibles a daños mecánicos y magulladuras por tal motivo son necesariamente y conveniente transportarlos por aire y agua y separarlo de materiales extraños. La densidad, forma y tamaño son propiedades físicas necesarias para calcular la velocidad terminal de un objeto en el fluido (Mohsenin, 1970

Color interno

Color "L".- color "L" o luminosidad del color de los frutos, es un parámetro que va de un valor $L = 100$, que es un color blanco o de máxima brillantes a un valor $L = 0$, que nos indica un color negro u opaco (Skrede, 1985; Hunter, 1987).

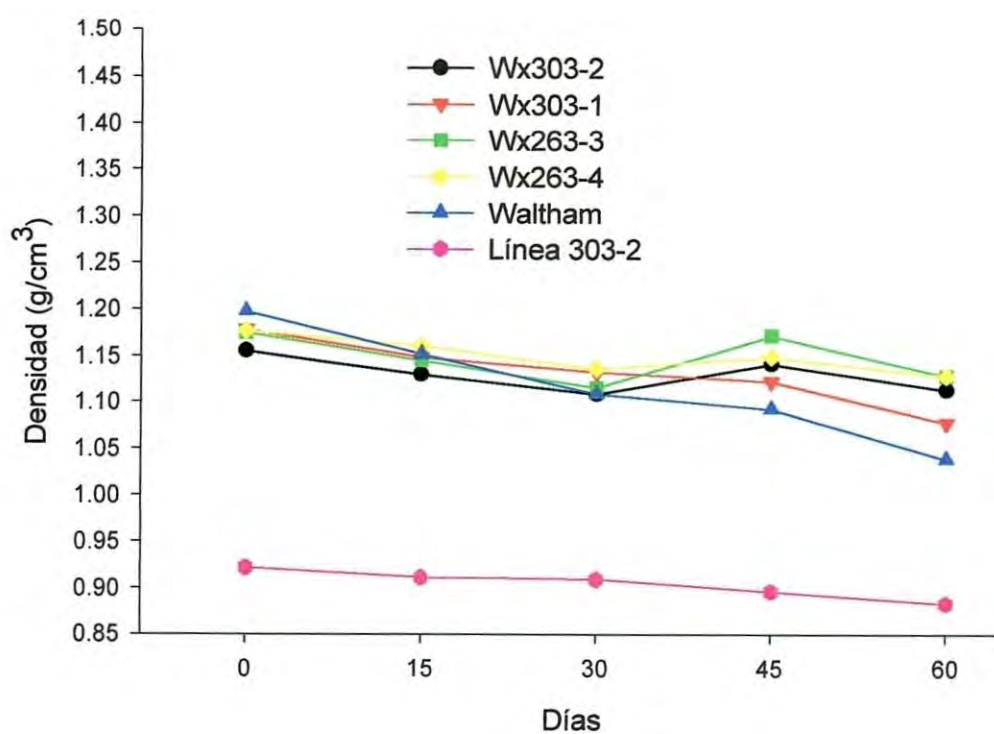


Figura 7. Determinación de densidad de frutos híbridos, variedad comercial Waltham y la línea 303-2 de calabaza tipo Butternut almacenada a 25°C y 65% de HR. durante 60 días.

La luminosidad del color de los frutos evaluados, no presentaron diferencia significativa entre ellos, teniendo un intervalo de valores muy pequeño que va de 67.970 para el híbrido Wx263-4 a 66.587 para el híbrido Wx263-3, lo cual indica colores mas claros o sea la pulpa de los frutos, tiene mucha brillantes o luminosidad. Waltham y la línea se comportaron muy semejantes con valores de 67.080 y 67.275 respectivamente como se demuestra en el Cuadro 10. Con respecto a los días de almacenamiento si hubo diferencia significativa, siendo el día 30, el que presentó el valor mas alto con 69.738, y en orden descendiente los días 0 y 15, con valores de 68.122 y 67.884 respectivamente, no presentando diferencia estadística entre ellas pero si con el día 30. Los días 60 y 45 son diferentes estadísticamente entre ellas y con las anteriores (Cuadro 11), Presentando una tendencia de valores mayores o más brillantes a valores menores o menos brillantes del color de la pulpa. Francis (1962) obtuvo valores de L de 69.4 a 74.7 en calabazas Butternut. Báez (2001) en frutos de tomate la luminosidad del color de los frutos presentó el mismo comportamiento el cual disminuyó progresivamente a medida que se avanzaba en el período de almacenamiento, presentando valores entre 60.6 y 65.1 para todas las variedades híbridas evaluadas, hasta un intervalo mínimo entre 36.8 y 45.9 para todas las variedades.

Ángulo de matiz o Hue. También llamado color verdadero, éste mostró diferencias significativas en la evolución del color verdadero, tanto para variedades como entre el tiempo de almacenamiento a condiciones de 20° C y 65% HR (Cuadro 10 y 11). Al iniciar el periodo de almacenamiento (día cero) los valores de color verdadero ó Hue registraron ángulos de matiz de 79.8725 y bajaron hasta 73.9333 a los 60 días de almacenamiento, indicando tonalidades en el color de la pulpa amarillas en los primeros

Cuadro 10. Valores promedios de los análisis de color "L", ángulo de matiz y pureza de color (chroma) en pulpa de frutos híbridos, variedad comercial Waltham y la línea 303-2 de calabaza tipo Butternut almacenadas a 25° C y 65% de HR. durante 60 días.

Tratamientos	Color "L"	Ángulo de matiz (°Hue)	Pureza de color (Chroma)
Wx263-4	67.970 a	76.443 a b c	66.002 a b
Wx303-1	67.323 a	78.942 a b	59.888 c
Línea 303-2	67.275 a	80.272 a	63.225 b c
Waltham	67.080 a	73.337 c	69.034 a
Wx303-2	66.872 a	76.440 a b c	65.303 b
Wx263-3	66.587 a	75.033 b c	65.418 b

Letras iguales en la misma columna significan medias iguales (Tukey $P \leq 0.05$)

y anaranjado intenso los últimos días de almacenamiento, debido a que el contenido de β -caroteno se incrementó (Pedrosa, 1983). Arvallo et al, (1994) analizaron el contenido de carotenos en pulpa de calabaza *C. maxima* Duch. 'Delica' y encontraron que a las ocho semanas de almacenamiento presentaban mayor contenido de carotenos. Por otro lado Chung, Hee-Don en 1998 analizó frutos de calabaza nativa (*Cucurbita moschata*) durante su maduración y mostraron altos valores Hue para "a" y "b" y su color fue anaranjado oscuro. Con respecto a los materiales, Waltham presento un ángulo de matiz mas bajo, presentando valores de 67.760 y la línea un ángulo de matiz mas alto 78.880 (Figura 8) a los 60 días de almacenamiento, mostrando con esto que Waltham tiene un color anaranjado intenso y la línea un color amarillo y los híbridos con valores intermedios, tendiendo a anaranjado menos intenso aun en las etapas finales de almacenamiento según los cálculos (Skrede, 1985 y Hunter, 1987) y el esquema de color de la Figura 5, situándose en el primer cuadrante. El híbrido Wx263-3, Wx263-4 Wx303-2 , son iguales estadísticamente a Waltham y los híbridos Wx263-4 Wx303-2 y Wx303-1 son iguales estadísticamente a la línea 303-2 pero la línea y el híbrido Wx303-1 son diferentes a Waltham (Cuadro 10). En otras palabras el color mostrados por los materiales analizados en este trabajo fue muy semejante excepto la línea y el híbrido Wx303-1 con valores de 78.492 y 80.272 respectivamente, mostrando color menos anaranjado que los otros materiales.

Pureza de color o chroma. De acuerdo con el análisis de varianza esta variable se vio afectada significativamente por los híbridos, Waltham y la línea así como por el tiempo de almacenamiento (Cuadro 10 y 11). Con respecto al almacenamiento al día 0 se presentaron los valores mas bajos, con una media de 43.058.

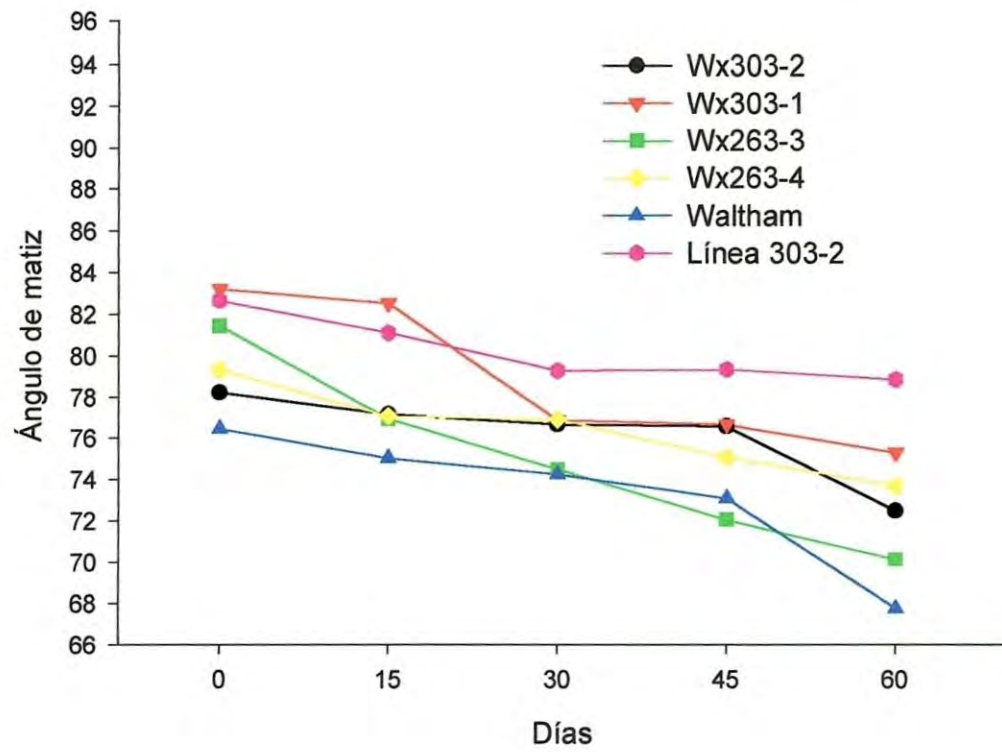


Figura 8. Determinación de ángulo de matiz en pulpa de frutos híbridos, variedad comercial Waltham y la línea 303-2 de calabaza tipo Butternut almacenada a 25°C y 65% de HR. durante 60 días.

Cuadro 11. Valores promedios de los análisis de color "L", ángulo de matiz, y pureza de color (chroma) en pulpa de frutos de calabaza tipo Butternut almacenadas a 25° C y 65% de HR. durante 60 días

Día	Color "L"	Ángulo de matiz (°Hue)	Pureza de color (Chroma)
30	69.738 a	77.4641 b c	70.014 a b
15	68.122 b	76.9042 b	69.126 b
0	67.884 b	79.8725 a	43.058 c
60	66.146 c	73.9333 d	69.288 b
45	64.032 d	75.5983 c	72.573 a

Letras iguales en la misma columna significan medias iguales (Tukey $P \leq 0.05$)

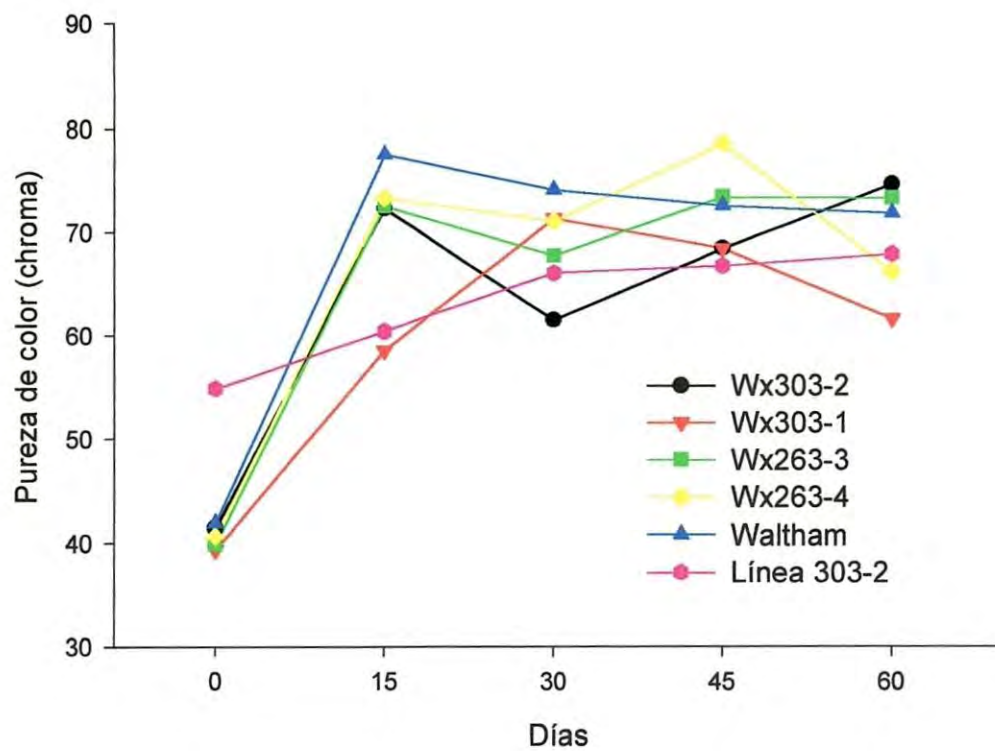


Figura 9. Determinación de pureza de color (chroma) en pulpa de frutos híbridos, variedad comercial Waltham y la línea 303-2 de calabaza tipo Butternut almacenada a 25°C y 65% de HR. durante 60 días.

Los días posteriores se observaron valores irregulares entre los días, la pureza del color en general, aumentó progresivamente a través del tiempo con valores intermedios de 69.126 y 72.573. Esto indica que al día cero la pureza del color se presentó más débil (color amarillo claro) y al final del periodo de almacenamiento el color es un anaranjado más intenso, comportamiento similar encontró Chung, Hee-Don (1998) en calabazas nativas de Corea (*Cucurbita moschata*). El análisis de varianza con respecto a los materiales dio como resultado que Waltham y el híbrido Wx263-4 son iguales estadísticamente y presentaron valores más altos (Figura 9), así como los híbridos Wx263-3, Wx303-2 y la línea son iguales, pero diferentes a Waltham y al híbrido Wx303-1 (Cuadro 10). En la calabaza es deseado el color anaranjado intenso, esto nos indica que tiene una concentración alta de β -carotenos (Francis, 1962).

Color externo

Color "L" o luminosidad del color de los frutos, es un parámetro que va de un valor $L = 100$, que es un color blanco o de máxima brillantez a un valor $L = 0$, que nos indica un color negro u opaco (Skrede, 1985 ; Hunter, 1987). La luminosidad del color de la cáscara de frutos se comportó diferente al presentado por la pulpa, en este caso si hubo diferencias significativas. Con respecto a los materiales evaluados, el híbrido Wx263-4, Waltham y Wx263-3 así como la línea 303-2, no tuvieron diferencia significativa, presentando valores de Luminosidad de 69.465, 68.177, 68.069 y 67.760 respectivamente, de otra manera, Waltham, el híbrido Wx263-3, Wx303-2, Wx303-1 y la línea 303-2 son iguales estadísticamente, pero diferentes a Wx263-4 y a Wx303-2 (Cuadro 12). Con respecto a los días de almacenamiento si hubo diferencia significativa, presentándose en cuanto a los intervalos de valores, que fueron para el valor más alto de

69.738 para el día 30 y de 64.032 para el día 45 (Cuadro 13), los días 0 y 15 no presentaron diferencia significativa entre ellos, pero si entre los días 30, 45 y 60. sin embargo en la figura 10, se aprecia mejor el comportamiento, que nos indica que el día 0, nos dio un valor mas bajo o sea un color menos brillante y posteriormente al día 15, se incrementaron esos valores, en la mayoría de los materiales evaluados, en Waltham y el híbrido Wx263-4 presentaron un ligero descenso en el día 45. En lo general los frutos presentaron colores menos brillantes al inicio del periodo de almacenamiento y posteriormente tuvieron un incremento en los valores, para después descender paulatinamente, indicando esto, que subió la brillantes para después bajar levemente (Figura 10).

Ángulo de matiz o Hue.- Con respecto esta variable la línea 303-2, los híbridos Wx263-3, Wx263-4 y Waltham fueron iguales estadísticamente y Waltham, los híbridos Wx303-1 y Wx303-2 son iguales estadísticamente pero diferentes a la línea 303-2 y los híbridos Wx263-3 y Wx263-4 así como los híbridos Wx263-4 y Wx303-1 son iguales a Waltham (Cuadro 12). El valor mas alto con una media de 75.778 fue para la línea 303-2 y el valor mas bajo es del híbrido Wx303-2 con un valor de 70.963, el intervalo de valores de los otros materiales es muy corto indicando que son muy semejantes (Figura 11) esto valores los sitúa en el primer cuadrante de la esfera de color (Figura 5). Los frutos de la línea se observaban de una coloración mas café, tal vez debido a que la planta, tenia poco follaje y los frutos estaban expuestos al sol. Esta variable ángulo de matiz, también resultaron con valores muy semejantes a los mostrados en la pulpa de los frutos, aunque ligeramente mas altos, indicando esto que los colores de estos materiales

Cuadro 12. Valores promedio de los análisis de color "L", ángulo de matiz y pureza de color (chroma) en cáscara de frutos híbridos, variedad comercial Waltham y la línea 303-2 de calabaza tipo Butternut almacenada a 25° C y 65% de HR. durante 60 días.

Tratamientos	Color "L"	Ángulo de matiz (°Hue)	Pureza de color (Chroma)
Wx263-4	69.465 a	73.874 a b	32.285 c
Waltham	68.177 a b	73.464 a b c	32.626 c
Wx263-3	68.069 a b	74.147 a	34.473 b
Línea 303-2	67.760 a b	75.778 a	40.660 a
Wx303-1	66.761 a b	71.478 b c	32.066 c
Wx303-2	65.846 c	70.963 c	34.052 b

Letras iguales en la misma columna significan medias iguales (Tukey $P \leq 0.05$).

Cuadro 13. Valores promedio de los análisis de color "L", ángulo de matiz, y pureza de color (chroma) en cáscara de frutos de calabaza tipo Butternut almacenada a 25° C y 65% de HR. durante 60 días

Día	Color "L"	Ángulo de matiz (°Hue)	Pureza de color (Chroma)
30	69.738 a	72.820 b	34.529 b
15	68.122 b	69.870 a	35.276 b
0	67.884 b	74.671 c	29.300 c
60	66.146 c	74.396 c	37.068 a
45	64.032 d	74.665 c	35.628 b

Letras iguales en la misma columna significan medias iguales (Tukey $P \leq 0.05$)

son muy homogéneos, y su variación es mínima observándose un color crema suave a un color ante (color piel). respectivamente.

Los otros híbridos Wx303-1 y Wx303-2, son iguales estadísticamente con valores de 71.478 y 70.963, pero diferentes a la línea 303-2, a Waltham y a los híbridos Wx263-4 y Wx263-3 (Tabla 12).

Pureza de color o chroma. Los valores de pureza de color presentada fueron los esperados (bajos) de acuerdo al color presentados por los frutos. La línea tuvo el valor mas alto con 40.660 y fue significativamente diferente a los otros materiales, lo híbridos Wx263-3 y Wx303-2 son estadísticamente iguales con valores de 34.473 y 34.052 respectivamente. Los híbridos Wx263-4 y Wx303-1 son iguales estadísticamente a Waltham con valores para los híbridos de 32.285 y 32.066 así como para Waltham de 32.626, indicando que estos materiales son mas claros, que los otros, pero todos cumplen con el control de calidad según Medlicott (1999) que manifiesta que el color que debe tener las calabaza Butternut va de un color blanco a blanco crema (color ante).

El comportamiento durante el periodo de almacenamiento, de todos los materiales se muestran en la figura 12, presentando un incremento natural, con valores de 29.300 al inicio de este siendo diferente y con valores intermedios en los días 15, 30 y 45, no habiendo diferencia significativa entre ellas, pero sí a los primeros 15 días, los últimos 60 días de almacenamiento presentando el valor mas alto (37.068) y ese día es diferente significativamente a los días anteriores.

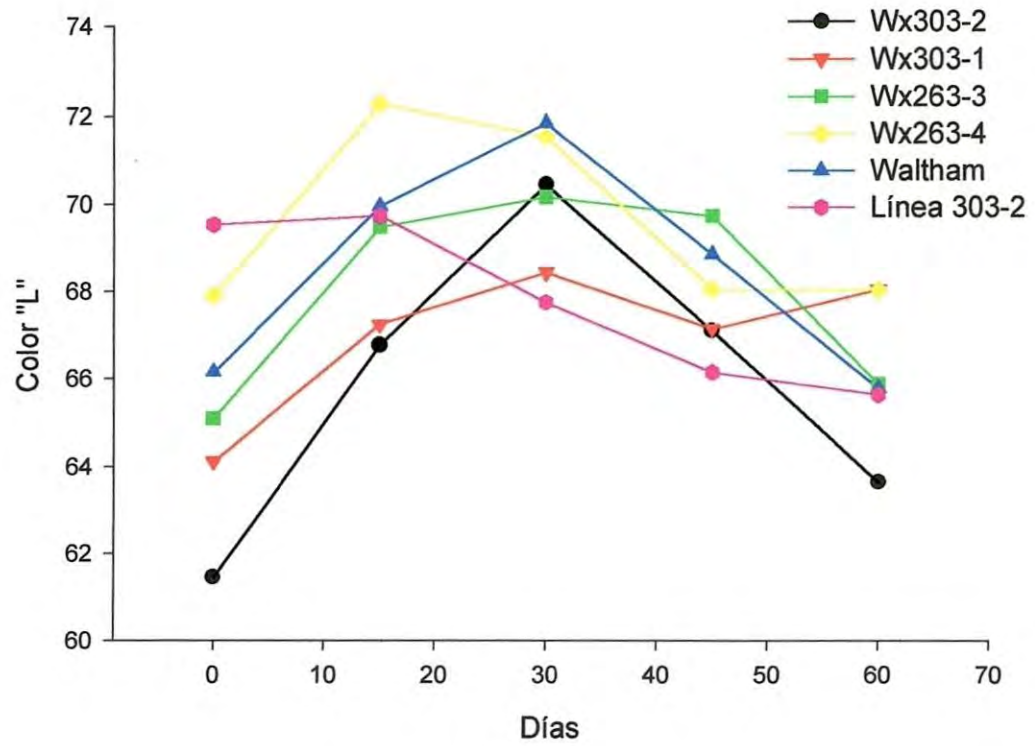


Figura 10. Determinación de color "L" de cáscara de frutos híbridos, variedad comercial Waltham y la línea 303-2 de calabaza tipo Butternut almacenada a 25°C y 65% de HR. durante 60 días.

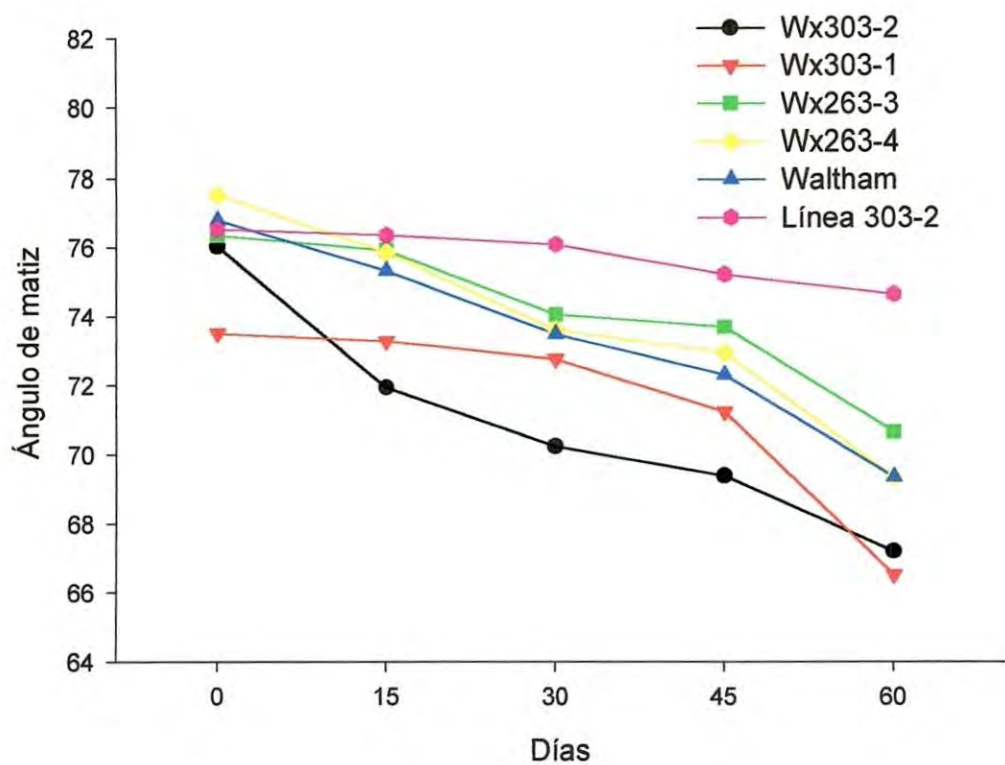


Figura 11. Determinación de ángulo de matiz en cáscara de frutos híbridos, variedad comercial Waltham y la línea 303-2 de calabaza tipo Butternut almacenada a 25°C y 65% de HR. durante 60 días.

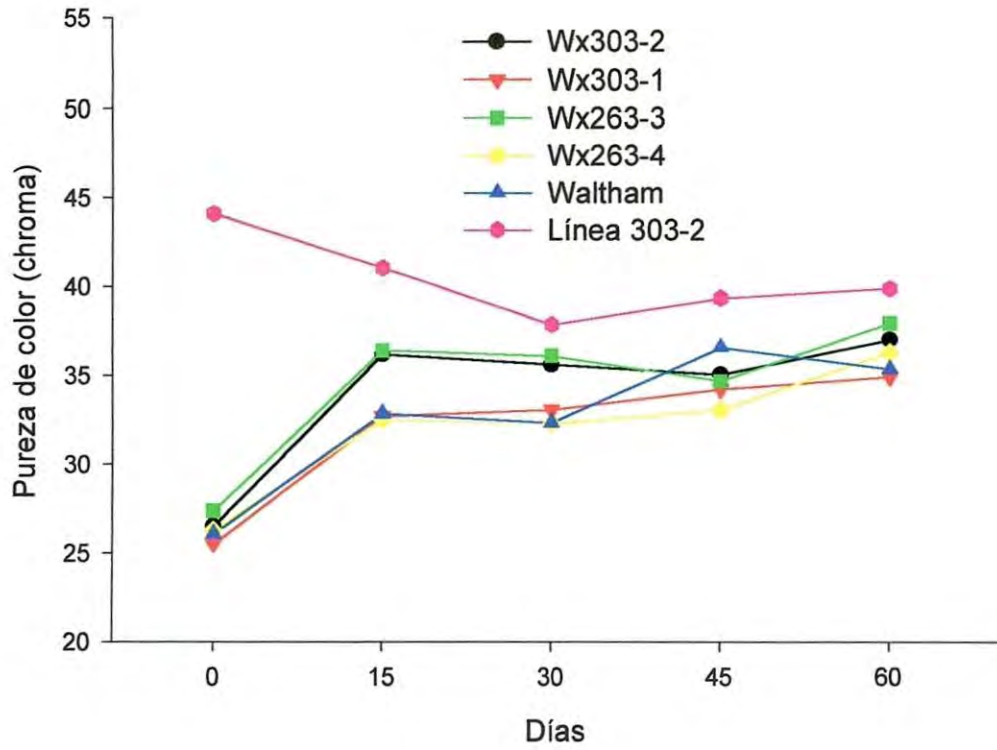


Figura 12. Determinación de pureza de color (chroma) en cáscara de frutos híbridos, variedad comercial Waltham y la línea 303-2 de calabaza tipo Butternut almacenada a 25°C y 65% de HR. durante 60 días.

Textura

La textura medida como fuerza máxima (kg-f) para todos los tratamientos, se presentó baja en el inicio del periodo de almacenamiento (50.019) y a los 15 incremento sus valores permaneciendo iguales los días 30 y 45 (60.237, 56.962 y 50.989) respectivamente, para descender a los 60 días 46.222 (Cuadro 14). Es evidente que a medida que el fruto avanza en su estado de madurez desciende la firmeza del mismo y es debido que las principales causas son los cambios en la estructura y composición de las paredes celulares mediante la degradación o hidrolización enzimática de sustancias celulósicas, pépticas y ácidos poligalacturónicos (Bartley, 1982; Pantástico, 1984). Laguado, et al., 1998, encontró una relación inversa (-0.61403) y significativa ($P < 0.01$) entre índice de madurez y la variable textura, infiriendo que a medida que los frutos avanzan en su estado de madurez disminuye la firmeza de los mismos. Con respecto a los materiales evaluados el que presentó mayor firmeza fue el híbrido Wx303-2, siendo diferente estadísticamente a los otros híbridos, a Waltham y a la línea, los híbridos Wx303-1 y Wx263-3 son iguales, pero diferente al híbrido anterior, y los híbridos Wx263-3 y Wx263-4 son iguales pero diferentes a los anteriores. Waltham y la línea se comportaron diferentes entre ellas y diferentes a los híbridos, presentando valores mas bajos la línea con 16.695 kgf y Waltham 49.940. En la Figura 15, se muestra tal comportamiento. Ratnayake y colaboradores en 1998 evaluaron la textura y los polisacáridos de la pared celular de frutos de calabaza *C.maxima* 'Delica' y encontraron que los parámetros del perfil de textura como firmeza, fracturabilidad y viscosidad tendieron a disminuir durante el periodo de almacenamiento, mientras seguía habiendo la misma cohesividad, masticabilidad y elasticidad.

Cuadro 14. Valores promedio de textura como fuerza máxima y modulo de Young de frutos de calabaza tipo Butternut almacenada a 25° C y 65% HR. durante 60 días.

Día	Fuerza máxima (kg-f)	Modulo de Young (kg-f/mm)
15	60.237 a	9.732 a
30	56.962 a	9.832 a
45	50.989 b	9.318 a
0	50.019 b	8.957 a
60	46.222 c	9.626 a

Letras iguales en la misma columna significan medias iguales (Tukey $P \leq 0.05$)

Mientras la pared celular en la cosecha fueron compuestas de 34% de pectina, 26% de hemicelulosa y 39% de celulosa por el peso seco. Los resultados obtenidos con respecto a la variable Modulo de Young, nos indica que no hay diferencia significativa durante el periodo de almacenamiento (Cuadro 14). Donde al inicio del periodo de almacenamiento tuvo el valor mas bajo (8.957) y los días posteriores se comportaron muy semejantes con valores de 9.732, 9.832, 9.318 y 9.926. Para los días 15, 30, 45 y 60 respectivamente. El comportamiento de los materiales evaluados, se comportaron con una tendencia semejante a la variable fuerza máxima, los híbridos formaron un bloque muy similar con intervalos de valores de 11.700 a 10.834 Kgf/mm, siendo los híbridos Wx303-2, Wx303-1 y Wx263-4 iguales estadísticamente así como los híbridos Wx303-1, Wx263-3 y Wx263-4. la variedad comercial Waltham es diferente significativamente a los híbridos y a la línea 303-2. La línea es diferente significativamente a los híbridos y a la Variedad comercial Waltham (Cuadro 14). En la Figura 16, se observa que todos los materiales se comportaron muy similares hasta el día 30, posteriormente descendieron tanto la variedad comercial Waltham como la línea 303-2, también es evidente que la línea es diferente desde el principio del periodo de almacenamiento. En estudios realizados por Hernández (1985) sobre los cambio físicos y químicos durante la maduración de cambures y plátanos, afirmaron que el uso del módulo de elasticidad de Young es una prueba objetiva de la firmeza de los frutos de cambur, encontrando que el ablandamiento del fruto durante la maduración iba asociado a una disminución del módulo de Young de 272×10^5 dinas/cm² en frutos verdes a 85×10^5 dinas/cm² en frutos amarillos.

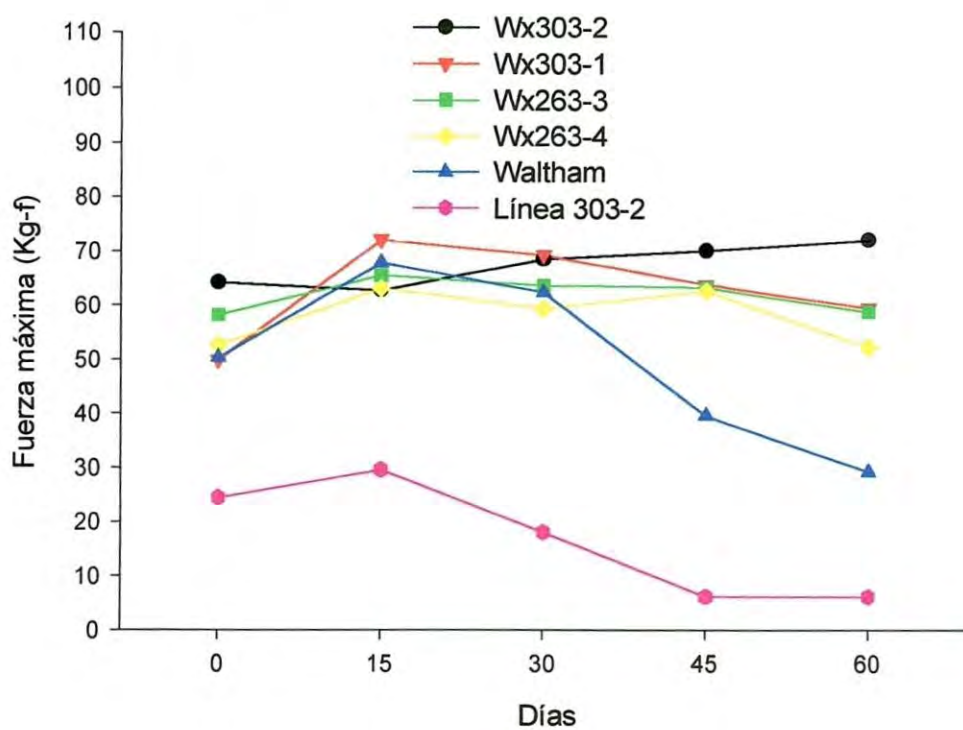


Figura 13. Determinación de textura medida como fuerza máxima de frutos híbridos, variedad comercial Waltham y la línea 303-2 de calabaza tipo Butternut almacenada a 25°C y 65% de HR. durante 60 días.

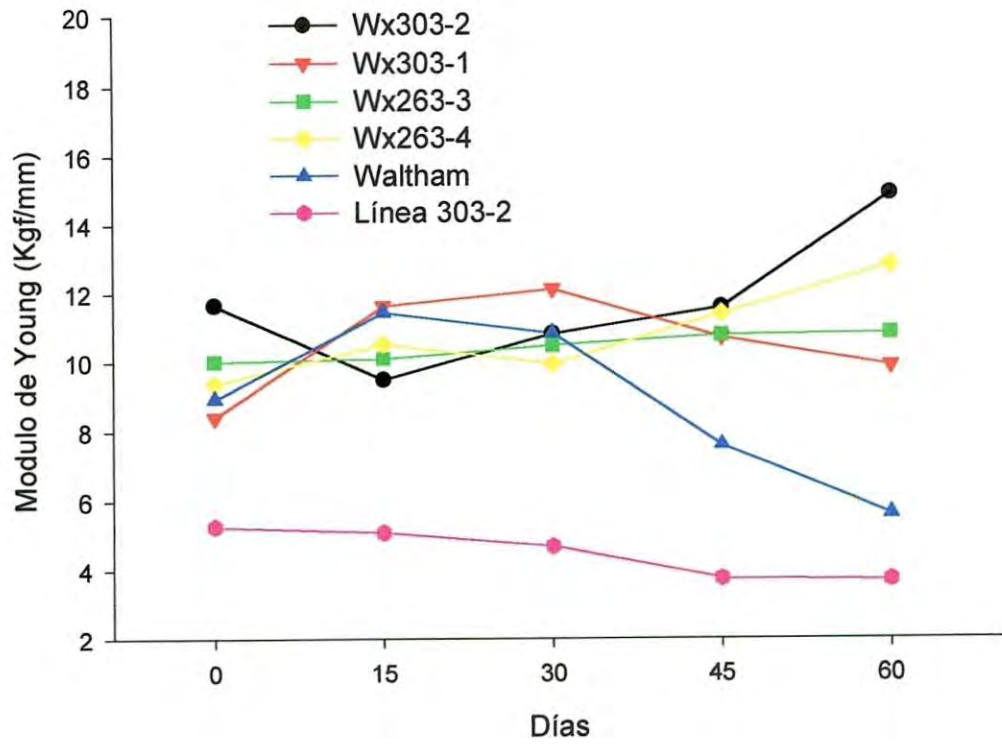


Figura 14. Determinación de Modulo de Young de frutos híbridos, variedad comercial Waltham y la línea 303-2 de calabaza tipo Butternut almacenada a 25°C y 65% de HR. durante 60 días.

Laguado, et al., 1999, obtuvo resultados similares en guayaba criolla roja, expresando la firmeza como kg/cm^2 y valores en madurez fisiológica de 1.5 y después de 10 días con valores promedio de 0.4 kg/cm^2 .

Evaluaciones químicas

pH

El pH mostró una tendencia a disminuir a medida que avanzó el proceso de maduración en todos los materiales evaluados (Cuadro 14). Los días 0, 15 y 30 son iguales estadísticamente así como en los días 15 y 45, presentando valores de pH de 6.8233, 6.8089 y 6.7039 en los días 30, 0 y 15 respectivamente, siendo iguales estadísticamente, así como pH de 6.7039 y 6.5678 de los días 15 y 45, pero la última evaluación realizada a los 60 días se comportó significativamente diferente a todos los días anteriores con un valor promedio de pH de 6.2167 siendo menor a los días iniciales de almacenamiento y diferente estadísticamente a los días anteriores. Es decir, hay una disminución en el pH de la pulpa a medida que madura el fruto, lo que puede deberse al aumento de los ácidos orgánicos libres (Azcon-Bieto y Talon, 1993). En lo concerniente al comportamiento de los materiales los híbridos Wx263-4, Wx303-1 y Waltham son iguales estadísticamente, por otra parte los híbridos Wx303-2, Wx263-3 y la línea, también son iguales entre ellos pero diferentes a los anteriores, formando dos grupos, uno superior con valores intermedios de pH de 6.6106 a 6.5778 y el otro inferior con valores de pH de 6.4767 a 6.4389 (Cuadro 16). Los pH inferiores al neutro favorecen la hidrólisis o degradación de los carbohidratos poliméricos (Laguado et al., 1998).

Acidez titulable

El comportamiento de esta variable tendió en lo general a incrementarse desde el primer día de almacenamiento con valores en % de acidez titulable de 0.0662 a 0.1224 que fue la última evaluación (60 días), el análisis estadístico nos indica que no hay diferencia significativa en la variable tiempo. (Cuadro 14). Sin embargo esta tendencia de la acidez titulable a incrementar con la maduración, no fue de todo consistente; la línea 303-2 presentó los valores más bajos que todos los materiales evaluados con un porcentaje de 0.0632, seguido por el híbrido Wx303-2, Wx263-4 y Waltham con valores de 0.0910, 0.0912 y 0.0995 respectivamente. El híbrido Wx263-4 y Wx263-3 presentaron el valor más alto con 0.1230 y 0.107 en porcentaje de acidez titulable, todos los materiales evaluados fueron estadísticamente iguales (Cuadro 16). Esto nos indica que los ácidos libres aumentan durante el almacenamiento además no se están utilizando en el proceso metabólico de los frutos (Hernández 1985). Los ácidos orgánicos son importantes por su contribución al sabor y las mayoría de las hortalizas presentan bajos porcentajes de acidez titulable (Azcon-Bieto y Talon, 1993). Ordinariamente, durante la maduración los ácidos son respirados o convertidos en azúcares. Los ácidos pueden ser considerados como reserva energética más del fruto, por tal motivo se espera que su contenido decline en el periodo de actividad metabólica máxima durante el curso de la maduración. Sin embargo, se dan excepciones, como las que presentan los plátanos y la piña, en los que alcanzan sus tasas más elevadas cuando se hallan completamente maduros (Ryall y Lipton, 1983) como en este caso, la calabaza se comportó similarmente.

Cuadro 15. Valores promedios de los análisis de pH, acidez titulable, sólidos solubles y almidón en pulpa de frutos de calabaza tipo Butternut almacenada a 25° C y 65% de HR. durante 60 días.

Día	pH	Acidez Titulable (% de Ácido Cítrico)	Sólidos Solubles (° Brix)	Almidón (mg/L)
30	6.8233 a	0.0708 a	5.883 c	838.7 c
0	6.8089 a	0.0662 a	2.644 d	1678.72 a
15	6.7039 a b	0.1062 a	4.978 c	1176.2 b
45	6.5678 b	0.0850 a	7.922 b	557.62 d
60	6.2167 c	0.1224 a	9.406 a	381.2 e

Letras iguales en la misma columna significan medias iguales (Tukey $P \leq 0.05$).

Cuadro 16. Valores promedios de los análisis de pH, acidez titulable, sólidos solubles y almidón en pulpa de frutos híbridos, variedad comercial Waltham y la línea 303-2 de calabaza tipo Butternut almacenada a 25° C y 65% de HR. durante 60 días.

Tratamiento	pH	Acidez Titulable (% de Ácido Cítrico)	Sólidos Solubles (° Brix)	Almidón (mg/L)
Wx263-4	6.6106 a	0.0912 a	6.767 a b	1027.59 a
Wx303-1	6.5922 a	0.1230 a	6.711 a b	832.17 b c
Waltham	6.5778 a	0.0995 a	7.061 a	984.38 a b
Wx303-2	6.4767 b	0.0910 a	7.033 a	867.71 b c
Wx263-3	6.4389 b	0.1077 a	6.111 b	1030.12 a
Línea 303-2	6.4389 b	0.0632 a	4.850 c	381.20 c

Letras iguales en la misma columna significan medias iguales (Tukey $P \leq 0.05$).

En este tipo de frutos que se caracterizan por almacenar altas cantidades de almidón, por este motivo el origen de los azúcares es por la hidrólisis que sufre tal compuesto (Kakhana et al.1967), en este caso intervienen enzimas en su mayoría α -amilasas y β -amilasa.

Sólidos solubles totales

El análisis de varianza mostró diferencias significativas en el contenido de sólidos solubles totales, tanto para los materiales evaluados como para el tiempo de almacenamiento. El contenido de sólidos solubles totales, expresado como °Brix, se registro en forma ascendente con valores de 2.644 °Brix en el inicio del periodo de almacenamiento, seguido por un incremento paulatino, hasta llegar a 9.406 °Brix al los 60 días de almacenamiento (Cuadro 15). En este caso en lo que respecta a tiempo, todos los días evaluados presentaron diferencia significativa. En la Cuadro 16 se observan, los materiales evaluados, tuvieron una media de °Brix de 7.061 y 7.033 para Waltham y el híbrido Wx303-2 respectivamente, los otros híbridos Wx263-4 y Wx303-1, se comportaron en forma similar no habiendo diferencia significativa entre ellos. A su vez los híbridos Wx263-4, Wx303-1 y Wx263-3 son iguales estadísticamente con valores de 6.767, 6.711 y 6.111 respectivamente. El que se comporto estadísticamente diferente y con el porcentaje de sólidos solubles más bajo (4.850) fue la línea 303-2. sin embargo en la Figura 17, se observa que los valores más altos 12 °Brix se presento en el día 60 y tanto los híbridos como Waltham fueron superiores a la línea 303-2. El comportamiento con lo que respecta a tiempo, fue similar al reportado Arvayo et al., en 1995 y Harvey et al., 1997. Irving et al., en 1997, encontró en calabaza Kabocha *Cucurbita maxima* Duch. que los almidones son degradados, la actividad de la sacarosa sintetasa fue significativa

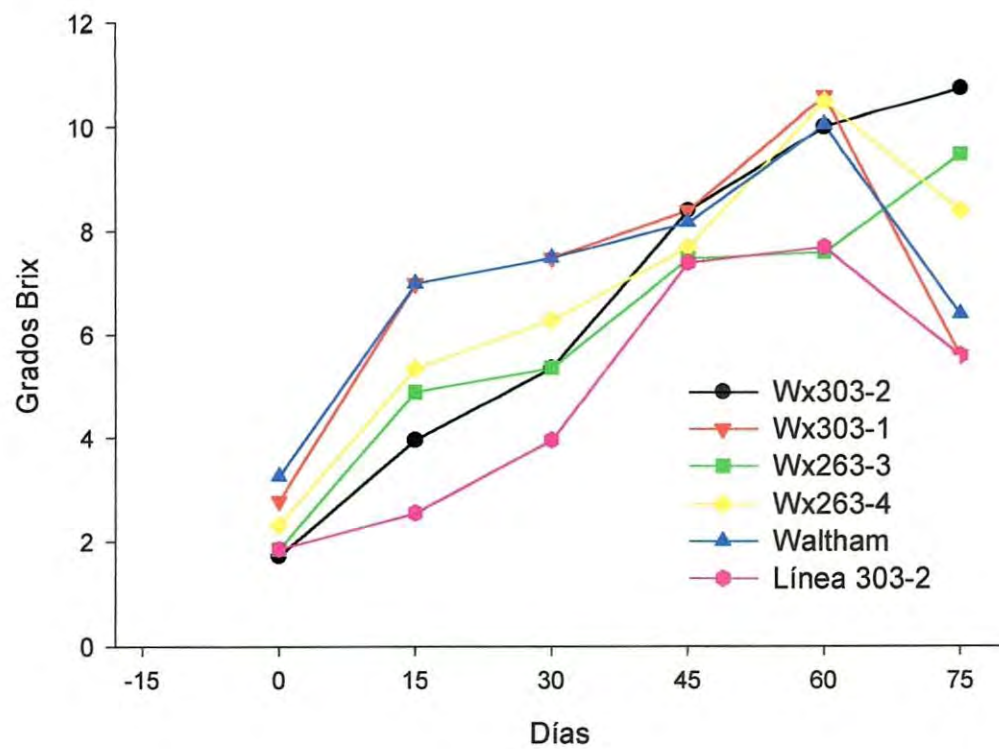


Figura 15. Determinación de sólidos solubles totales (°Brix) a pulpa de frutos híbridos, variedad comercial Waltham y la línea 303-2 de calabaza tipo Butternut almacenada a 25 °C y 65% de HR. durante 60 días.

pero relativamente constante, la actividad de la sacarosa fosfato sintetasa incrementó y la sacarosa continuó acumulándose.

Este mismo comportamiento reportó Pedrosa et al., en 1983, en frutos de calabaza *Cucurbita moschata* y *C. maxima*; *C. moschata* BGH 4631 x híbrido *C. moschata* ESAL 7523, *C. maxima* x híbrido *C. moschata* y el híbrido interéspecifico Tetsukabuto así como Sugimoto et al., en 1998, en la variedad Ebisu *C. maxima* y Kogiku *C. moschata*.

Almidón

Esta variable fue todo lo contrario a la anterior, el contenido de almidones fue mayor al inicio del periodo de almacenamiento y decreció mientras transcurría el tiempo de maduración (Figura 17). El análisis de varianza obtenido nos indica que hay diferencia significativa en el tiempo de almacenamiento y en los materiales evaluados; en el Cuadro 15 se presentan los datos obtenidos y se observa que los valores van en orden descendente iniciando con valores el día 0 con 1678.72 mg/L, siguiendo el día 15 con 1176.20 mg/L, el día 30 con 838.7, el día 45 con 557.62 mg/L y al final del periodo de almacenamiento con 381.2 mg/L de almidón. Debido a la característica de la calabaza de almacenar en los tejidos su reserva de almidones (Robinson y Deker-Walters, 1997). Estos resultados eran de esperarse, mientras transcurre el proceso de maduración, los almidones se van hidrolizando (Kakhana et al., 1967) para formar sacarosa, glucosa y fructosa esto resultados coinciden con los obtenidos por Irving et al., 1999 pero en calabaza Kabocha. En la figura 17 se presenta el comportamiento de los materiales, los híbridos Wx263-4, Wx263-3 y Waltham son estadísticamente iguales y diferentes a los

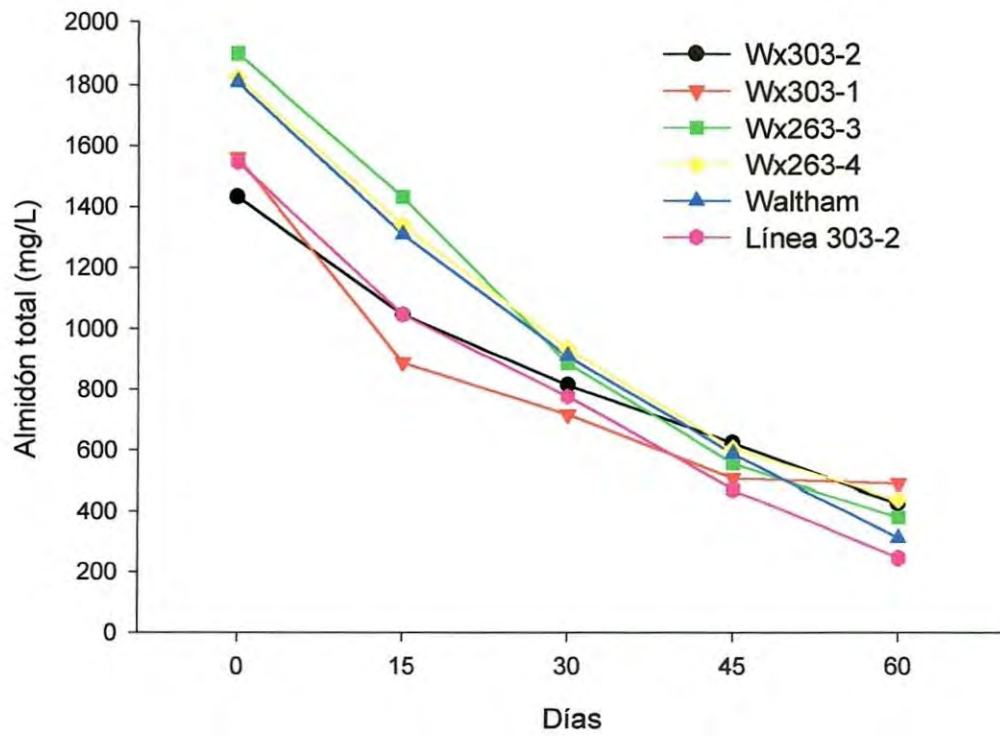


Figura 16. Determinación de almidón total en pulpa de frutos híbridos, variedad comercial Waltham y la línea 303-2 de calabaza tipo Butternut almacenada a 25°C y 65% de HR. durante 60 días.

híbridos Wx303-1, Wx303-2 y a la línea 303-2, la línea es estadísticamente diferente a los híbridos y a Waltham (Cuadro 16)

Evaluaciones fisiológicas

Tasa respiratoria y producción de etileno

La tasa respiratoria medida en base a la producción de CO₂, fue muy baja y de una forma muy irregular, a partir del día cero ó inicio del periodo de almacenamiento y a través de la maduración (Figura 17). Las tasas de respiratorias más altas, en función de esta variable, se tuvo el día 30 y alcanzaron valores de 0.085 para el híbrido Wx263-3 y 0.073 para Wx263-4, que fueron estadísticamente iguales. Los híbridos Wx263-4, Wx303-2 y Waltham son estadísticamente iguales, pero diferentes a Wx263-3, por otro parte el Híbrido Wx303-1 y la línea 303-2 son los que produjeron menos CO₂ y no hay diferencia significativa entre ellas, pero si con las demás. En lo general la tendencia observada en esta variable acusa comportamiento respiratorio climatérico expresado durante los días 25 y 30 del periodo de almacenamiento y por los híbridos Wx263-3, Wx263-4, Wx303-2 y la variedad comercial Waltham (Figura 18). Irving en 1997 investigo la tasa respiratoria y la producción de etileno en calabaza Buttercup (*Cucurbita maxima* D. 'Delica') y encontró que la proporción de respiración en frutos jóvenes fue muy alta y declinó gradualmente durante el desarrollo del mismo, la proporción de respiración fue mayor en frutos que cosecharon y se almacenaron que los fruto que se cosecharon y se dejaron en el campo, los valores obtenidos fueron de 1 y menor de 1 $\mu\text{mol.g}^{-1}.\text{h}^{-1}$ en calabazas dejadas en el campo y de 1.5 a 2 $\mu\text{mol.g}^{-1}.\text{h}^{-1}$ en calabazas almacenadas a 12 °C. con respecto a la producción de etileno no se detecto producción $< 0.01\text{nmol.g}^{-1}.\text{h}^{-1}$ en base a peso fresco. Los datos no son concluyentes,

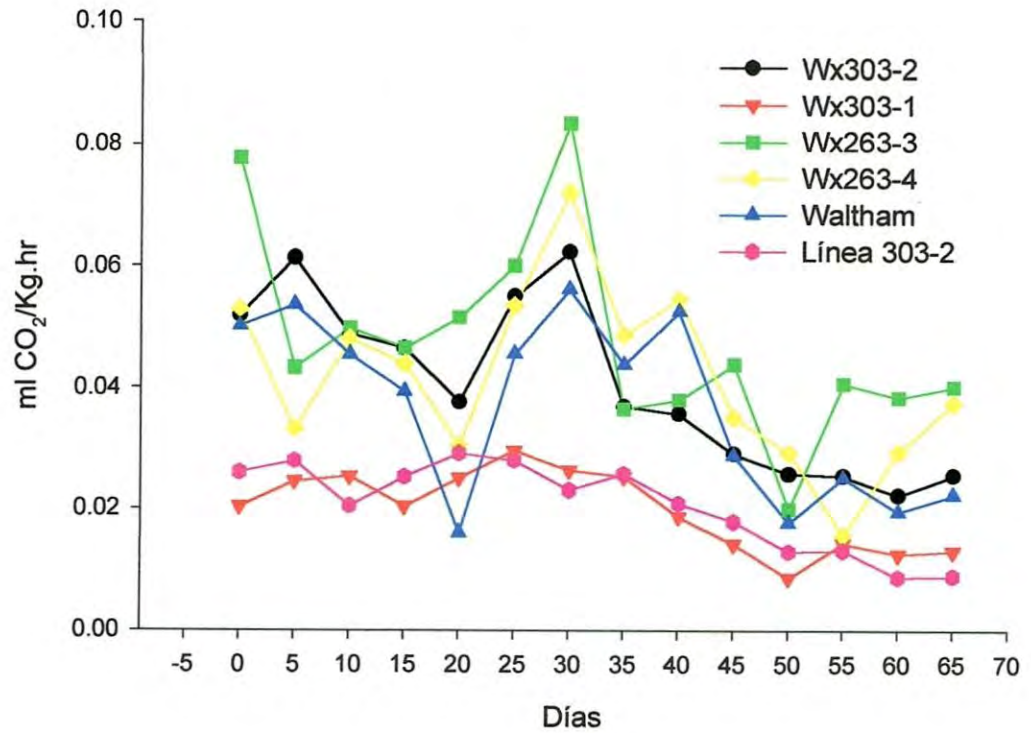


Figura 17. Producción de CO_2 (ml/Kg.hr) de frutos híbridos, variedad comercial Waltham y la línea 303-2 de calabaza tipo Butternut almacenada a 25°C y 65% de HR. durante 60 días.

debido a que los valores son muy bajos y el margen de error es mayor, por otro lado la literatura manifiesta que la calabaza es de comportamiento no climatérico. (Azcon-Bieto y Talon, 1993).

El comportamiento en la producción de etileno fue similar, pero la producción mas alta se presento el día 5 y 10 para descender el día 15 después volvió a subir el día 20 y se mantiene. Los materiales evaluados tienen una tendencia neta a disminuir a través del tiempo (Figura 12), a partir del día 5 se registro un incremento, que continuó hasta el día 10 por parte de los híbridos Wx263-3 y Wx263-4 así como Waltham, los materiales que no presentaron tal comportamiento fueron los híbridos Wx303-1, Wx303-2 y la línea 303-2. Por tales motivos, se recomienda mas investigación y más específica sobre estas variables. En investigaciones sobre la tasa respiratoria ha sido un poco mas alta, para etileno casi llega a la unidad y para CO₂ mayor que uno (Brady, 1987). Los valores obtenidos en esta investigación son muy bajos y el margen de error es mayor, tal vez es recomendable aumentar el tiempo de incubación de 2 horas a 3 o 4, para así tener mayor producción de etileno.

Coeficientes de correlación

Se realizaron correlaciones entre los resultados de las evaluaciones químicas y físicas, presentándose solamente las mas importantes.

Sólidos soluble totales (°Brix) – almidón. En el Cuadro 17, se observa una correlación inversa y significativa ($P < 0.05$), los °Brix y la variable almidón (Cuadro 17). Estos resultados indican que al avanzar el periodo de almacenamiento los sólidos solubles totales se incrementan mientras el contenido de almidón disminuye.

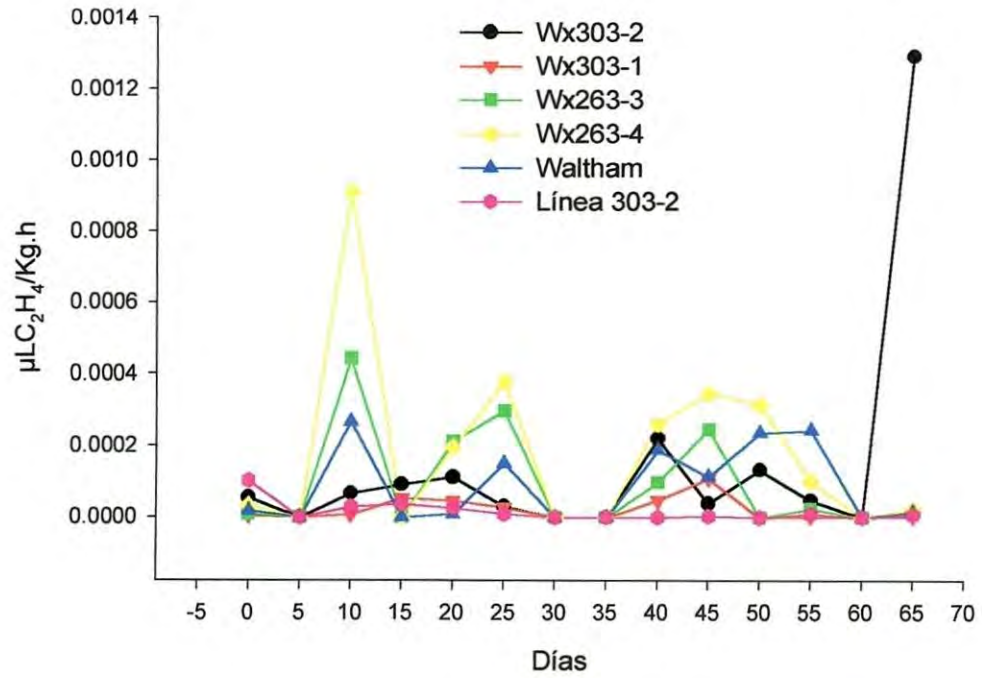


Figura 18. Producción de Etileno ($\mu\text{LC}_2\text{H}_4/\text{Kg.h}$) de frutos híbridos, variedad comercial Waltham y la línea 303-2 de calabaza tipo Butternut almacenada a 25°C y 65% de HR. durante 60 días.

Son resultados esperados ya que el origen de los sólidos solubles totales, es por la hidrólisis o degradación de los almidones almacenados en las calabazas (Phillips, 1946 ; Irving, 1997; Robinsón y Decker-Walter, 1997).

Angulo de matiz- Brix. En el Cuadro 17 muestra una correlación inversa y significativa ($P < 0.05$) entre los °Brix y el ángulo de matiz, indicando esto que a medida que los frutos avanzan en su periodo de almacenamiento, los °Brix aumentan y el ángulo de matiz disminuye, debido a que un ángulo de matiz bajo indica que los frutos son de una coloración anaranjado a rojo, según el esquema de color (Figura 5). Debido a que la calabaza tipo Butternut se caracteriza por presentar valores altos de °Brix y color de la pulpa anaranjada durante el periodo de almacenamiento, significando esto un alto contenido de beta carotenos y un sabor muy agradable característico de cada variedad (Irving, 1997; Robinsón y Decker-Walter, 1997).

Almidón – pH. El análisis efectuado determinó que existe una correlación directa y significativa ($P < 0.05$) entre las variables almidón y pH. Estos resultados indican que a medida que avanza el periodo de almacenamiento, el contenido de almidones y el pH disminuye, indicando que los valores de pH encontrados favorecen la hidrólisis ó degradación de almidones (Irving, 1997; Robinsón y Decker-Walter, 1997). Esta disminución en el pH de la pulpa de la calabaza a medida que madura, se puede deber al aumento de los ácidos orgánicos libres (Laguado, 1999).

°Brix - pH. En el Cuadro 17 muestra una correlación inversa y significativa ($P < 0.05$) entre los °Brix y el pH (- 0.4787), indicando esto que a medida que los frutos avanzan en su periodo de almacenamiento los °Brix aumentan y el pH baja, este proceso

Cuadro 17. Coeficientes de correlación entre algunas características en frutos híbrido, variedad comercial Waltham y la línea 303-2 de calabaza tipo Butternut almacenada a 25°C y 65% HR. durante 60 días

Variables	Brix	Almidón	pH	Textura
°Brix		- 0.7542	- 0.4787	
Densidad		0.4072		0.7337
Angulo de matiz-	0.4323	0.4116		
pH		0.5195		

natural donde los sólidos solubles totales ó °Brix son originados por la hidrólisis del almidón donde intervienen enzimas como la amilasa, que requiere pH cercanos al neutro, esto se traduce en un aumento de los sólidos solubles totales y un decremento del pH y por lo tanto un aumento de ácidos orgánicos durante el proceso de maduración (Laguado, 1998).

Textura –Densidad. El análisis efectuado determinó que existe una correlación directa y significativa ($P < 0.05$) entre las variables densidad y textura medida como fuerza máxima (Cuadro 17) indicando estos valores que a medida que la densidad disminuía, la textura también disminuía durante el periodo de almacenamiento. El ablandamiento de los frutos es uno de los últimos procesos del desarrollo, que ocurre una vez finalizado los cambios en la composición química (Azcon-Bieto, 1993). Los resultados obtenidos de textura y densidad, formaron grupos muy semejantes, la variedad comercial Waltham y los híbridos un grupo y la línea 303-2 otro, pudiendo inferir que la textura de calabaza esta asociado con la densidad de los mismos.

Almidón – Densidad. El análisis efectuado determinó que existe una correlación directa y significativa ($P < 0.05$) entre las variables almidón y densidad (0.4072), estos resultados indican que a medida que baja el contenido de almidón, la densidad también baja. Al inicio del periodo de almacenamiento el contenido de almidón es alto y posteriormente es degradado en azúcares mas simples como sacarosa, glucosa y fructosa (Irving, 1997). El almidón se encuentra en el citoplasma en un gránulo llamado amiloplasto. En papa al menos el 80% de la materia seca del tubérculo lo constituye almidón y este polisacárido es responsable de las principales características de calidad como alto contenido de materia seca, mayor gravedad específica y menor acumulación

de azúcares reductores. En papa no es recomendable la acumulación de azúcares reductores (glucosa y fructosa), como resultado de la sucesiva degradación del almidón (Manrique, 2002) sin embargo en calabaza es un resultado favorable y lo realiza en el periodo de almacenamiento. Esto nos indica que la densidad y el contenido de almidón puede ser indicadores de la calidad de las calabazas tipo Butternut.

Ángulo de matiz - Almidón El análisis efectuado determinó que existe una correlación directa y significativa ($P < 0.05$) entre las variables ángulo de matiz y almidón. Estos resultados indican que a medida que avanza el periodo de almacenamiento, el contenido de almidón baja y el ángulo de matiz también baja, indicando que un ángulo de matiz bajo representa una coloración anaranjada intensa según la esfera de color (Figura 5). En calabaza es favorable valores bajos con respecto al ángulo de matiz, porque nos indica un alto contenido de carotenoides (Francis, 1962 ; Francis y Clydesdale, 1975)

CONCLUSIONES

1. Los frutos de los materiales híbridos, la variedad comercial Waltham y la línea 303-2 analizados presentaron diferencias significativas en sus características físicas, químicas y fisiológicas. Son similares sin embargo, en la forma del fruto(ancho del cuello/bulbo) y color "L" así como en la acidez titulable.
2. Los híbridos presentan buena apariencia con los requisitos necesarios para el mercado de explotación. Son también de mayor tamaño que la variedad Waltham.
3. Los híbridos y la variedad comercial Waltham son mas susceptibles a la pérdida de peso que la línea 303-2.
4. La densidad de los frutos híbridos y Waltham es muy semejante con valores mayores a la unidad disminuyendo estos durante el periodo de almacenamiento y la línea 303-2 es de menor densidad con valores menores a uno y también disminuyó durante el almacenamiento.
5. Los análisis de color interno muestra un decremento el "L" y un aumento en pureza de color (chroma), así como un decremento en el ángulo de matiz, indicando esto que la coloración inicial presentada por estos material fue de un color amarillo y durante el periodo de almacenamiento presentó una coloración anaranjado intenso. Waltham presenta la mayor pureza de color seguido por la mayoría de los híbridos y con valores mas bajos el híbrido Wx303-1 y la línea

- 303-2. Con respecto a el ángulo de matiz los valores se invierten, teniendo el valor mas bajo Waltham y la línea el valor mas alto indicando una coloración amarilla.
6. El color externo es muy semejante al color interno, con la diferencia que la pureza de color presenta valores bajos, indicando un color crema a un color café claro.
 7. La textura de los frutos híbridos y la variedad comercial Waltham es muy semejantes hasta el día 30, después de ese periodo, Waltham presenta un descenso en la textura expresado tanto como fuerza máxima como en modulo de Young. La línea 303-2 presenta una textura inferior.
 8. Los análisis químicos nos indican que el pH disminuye y la acidez titulable aumenta, así como el contenido de sólidos solubles totales se incrementa acentuadamente durante el periodo de almacenamiento. Por otro lado el contenido de almidón baja, indicando degradación a azúcares durante ese tiempo. Con respecto a sólidos solubles totales los frutos híbridos y Waltham tienen valores muy semejantes, no así la línea que tiene valores muy bajos tanto para almidones como para sólidos solubles totales.
 9. Los materiales híbridos y Waltham presentan un comportamiento climatérico, excepto el híbrido Wx303-1 y la línea 303-2, aunque los datos no son concluyentes, debido a que los valores son muy bajos con un margen considerable de error. Es necesario investigación específicamente sobre esta variable.

10. Con respecto a Coeficientes de correlación existe una relación inversa entre almidón y grados Brix, Brix con pH y Brix con ángulo de matiz y existe una relación directa entre densidad y el contenido de almidón, densidad con textura, ángulo de matiz con almidón y pH con almidón a medida que transcurre el periodo de almacenamiento.

LITERATURA CITADA

- 1.- Abbot, and Cobb. 1985 Commercial seed catalog for vegetables. Pp.45-49
- 2.- Anzaldúa-Morales, A. y J.G. Brennan,.1984 a. La medición de la textura de frutas y verduras. I. Frutas y verduras frescas. Tecnología de alimentos. 19 (2): 22-32.
- 3.- Anzaldúa-Morales, A. y J.G. Brennan, . 1984 b. La medición de la textura de frutas y verduras. Frutas y verduras frescas. Métodos objetivos.. Tecnología de alimentos.(Mex), Vol. 19(3): 8-15.
- 4.- AOAC. 1990. Official methods of analysis. Association of official analytical chemists, 14 th. Ed., Arlington, Virginia.
- 5.- Arasimovich, V. V., 1933. Biochemical study of *Cucurbita*. Bull applied botany, genetics and plant breeding(Leningrad) Ser. III, N° 1:73-79.
- 6.- Arima, H.K. and D.B. Rodríguez- Amaya. 1990. Carotenoid composition and vitamin A value of a squash and a pumpkin from Northeastern Brazil . Archivos Latino-americanos de nutrición 40 (2) : 284-292.
- 7.- Arvayo, O.R.M., S. Garza and E.M. Yahia, 1994. Postharvest response of winter squash to hot-water treatment, temperature, and length of storage. HortTechnology 3(4): 253-255.
- 8.- ASERCA-SAGAR-MEXICO. 1999. Apoyos y servicios a la comercialización agropecuaria. Artículo publicado en la revista “ Claridades Agropecuarias” con título La calabaza y calabacita Mexicanas en el mercado Norteamericano. Revista n° 76, Pp.1-24.
- 9.- Azcon-Bieto, J. y H. Talon. 1993. Fisiología y bioquímica vegetal. 1ª edición. Mc graw-Hill. España. 580 p.
- 10.- Baez, S. F. M., 2001. Calidad poscosecha de fruto híbridos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y su relación con la actividad de las enzimas poligalacturonasa (PG) y carboximetilcelulasa (Cx).Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Culiacán, Sinaloa. 120 p.
- 11.- Baez, S. R. 1991. Cambios fisiológicos asociados a la maduración y senescencia de mandarina clementina (*Citrus clementina* Hort. EX Tanaka). Tesis doctoral Universidad Politécnica de Valencia. Pp. 209-211.

- 12.- Banpied, G. D. 1965. Changes in the weight, volume, and specific gravity of developing apple fruit. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 88: 33-37.
- 13.- Bartley, I. M. and M. Knee, 1982. The chemistry of textural changes in fruit during storage. Food Chem. 9: 47-58.
- 14.- Bourne, C.M. 1980. Texture evaluation of horticultural crops. HortScience, 15(1) : 51-56.
- 15.- Bourne, C.M. 1979. Fruit texture: an overview of trends and problems. J. Texture Studies.10: 83-90.
- 16.- Boothby, D. 1983. Pectic substances in developing and ripening plum fruits. J. Sci. Food Agri. 34:1117-1122.
- 17.- Brady, C. J. 1987. Fruit ripening. Ann. Rev. Plant phisiol. 38: 155-157.
- 18.- Brady, C. J.; MacAlpine, G.; Mc Glasson, W.B. and Ueda, Y. 1982. Polygalacturonase in tomato fruit and the induction of ripening. Aust.J. Plant phisiol. 9:171-178.
- 19.- Braverman J. B. S. 1976. Introducción a la bioquímica de los alimentos. Edición por Z. Berk. Editorial manual moderno. México DF. 315 p.
- 20.- Bringas, L.1987. Logística de las exportaciones. Productores de hortalizas. Willough, Ohio, E.U.A.9(1):8-10
- 21.- Cantwell M. y T. V. Suslow, 2000. Calabaza y zapallo de invierno. Recomendaciones para mantener la calidad postcosecha. Department of vegetables crops. University of California. Davis, CA 95616.
- 22.- Chung Hee-Don and Youn Sun-joo. 1998. Chemical composition and quality evaluation of ripe fruit of the Korean native squash (*Cucurbita moschata*). Abstrac Dep. of Hortculture, Yeungnam University, Gyeongsan, S. Korea. 39(5): 510-516.
- 23.- Colvin, J. R. 1980. Ultrastruture of plant cell wall: biophysical viewpoint. In: J. MacMillan Ed. Enciclopedia of Plant Phisilogy. Vol. 13: 924.
- 24.- Crookes, P.R. and D. Grieson, 1983. Ultrastructure of tomato fruit ripening and the role de polygacturonase isoenzymes in cell wall degradation. Plant Phisiol. 72(4):1088-1093.
- 25.- Dabrowski, A., J. Galazka, and S. Zalewski. 1989. Technological properties, nutritional value and storage properties of new pumpkin varieties. Acta alimentaría Polonia. 15(2):153-159.

- 26.- Doesburg, J. J. 1957. Relation between the solubilization of pectin and the fate of organic acids during maturation of apples. *J.Sci. Food Agri.* 8:206-216.
- 27.- Duel, H. and E. Stutz, 1958. Pectic substances and pectic enzymes. In. *Advances in enzymology and related subjects of biochemistry.* Nord, F. F. (Ed.) , pp.341-371. Intersciences Publishers, Inc. N.Y.
- 28.- Eskin, M. N.A. 1979. Pectic substances. ch. 8. In *plant pigments flavors and texture: the chemistry and biochemistry of selected compounds.* Academic Press, London. 350 p.
- 29.- Eskin, M.N.A. 1989. *Quality and preservation of vegetable.* CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida. 313 p.
- 30.- Francis, F.J. 1962. Relationship between flesh color and pigment content in squash. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 81: 411-413.
- 31.- Francis, F.J. and C. L. Thomson. 1965. Optimum storage conditions for Butternut squash. *Proc. American Society for Horticultural Science.* 86: 451-455.
- 32.- Francis, F. J. and F. M. Clydesdale. 1975. *Food colorimetry: Theory and applications.* Ed. AVI. Westport, Connecticut. USA 477 p.
- 33.- Garza, O.S., A. Fierro . y R.M. Valenzuela. 1985. Evaluación de una colección de 32 líneas de dos especies de Cucúrbita . *Memorias del segundo Congreso Nacional de Horticultura.* SOMECH. Irapuato, Gto. 4.
- 34.- Garza, O. S., y E.A. Serrano. 2001. Buen rendimiento y calidad en cruza de Waltham Butternut (*Cucurbita moschata* Duch.) con líneas del Departamento de Agricultura y Ganadería. *Memorias del Sexto Seminario de Horticultura. Resultados de investigación.* Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora. 9 :19-24.
- 35.- Giovane, A., L., Quagliuolo, L., Servillo., C. Balestrieri, B. Laratta, R. Loiudice, and R. Castaldo. 1994. Purification and characterization of three isozymes of pectinmetlesterase from tomato fruti. *J. of Food Bioch.* 17: 339-349.
- 36.- Gortner, W. A., G. G. Dull and B. H. Krauss. 1967. Fruit development, maturation , ripening, and senescence: a biochemical basis for horticultural terminology. *HortScience.* 2(4):141-144.
- 37.- Grieson, D. and A. A Kader. 1986. Fruit ripening and quality. in *tomato crop: a scientific basis for improvement.* Atherton, J.G. and Rudish, J. Chapman and Hall London. Pp.241-280.

- 38.- Gross, K. C. and M. E. Salveit. 1982. Galactose concentration in metabolism pericarp tissue from normal ripening and non-ripening mutant tomato fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107: 328-333.
- 39.- Harvey, W. J., D. G. Grant, J. P., Lammernk. 1997. Physical and sensory changes during the development and storage of buttercup aquash. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 25(4): 341-351.
- 40.- Hernández, O. 1985. Cambios físicos y químicos durante la maduración de cambures y plátanos. *Revista de la facultad de Agronomía.* 7(1):7-9.
- 41.- Hidaka, T., T. Anno and S. Nakatsu. 1987. The composition and vitamin A value of the carotenoids of pumpkin of different colors. *J. Food Bioch.* 11(1):59-69.
- 42.- Hobson, G. E. 1964. Polygalacturonase in normal and non-normal tomato fruit. *Biochem. J.* 92:324- 332.
- 43.- Holland, B. , I.D., Unwin and D.H., Buss. 1991. *Vegetables, herbs and spices. the composition of foods .4th edition.* Royal Society of Chemistry. 163 p.
- 44.- Huber, D. J. 1983a. Polyamide degradation and hemicelluloses modifications in ripening tomato fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci* 108: 405-409.
- 45.- Huber, D. J. 1983b. The role of cell wall hydrolysis in fruit softening. *Horticultural Reviews* 5:169-219.
- 46.- Hunter, L. 1987. Hunter lab instruction manual D25-PC2 Colorimeter. Hunter associates Laboratory Inc. ink, S.L. and H. D. Hurt. Nutritional implications of gums. *Food Technology.* 41(1): 77-80.
- 47.- Hurts, P.L., V. K. Corrigan, P.J. Hannan and R.E. Lill. 1995. Storage rot, compositional analysis and sensory quality of three cultivars of buttercup squash. *N.Z.J. Crop Hort. Sci.* 23:89-95.
- 48.- Irving, D. E., P.L. Hurst, and J. S. Ragg, 1997. Changes in carbohydrate metabolizing enzymes during the development, maturation and ripening of buttercup squash (*Cucurbita maxima*). *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 122 (3): 310-314.
- 49.- Irving, D. E., G. J. Shingleton, and P. L. Hurst, 1999. Starch degradation in buttercup squash (*Cucurbita maxima*). *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 124 (6): 587-590.
- 50.- Kader, A.A., L. L. Morris and P. Chen. 1978. Evaluation of two objective methods and a subjective scale for measuring tomato fruit firmness. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 103:70-73

- 52.- Kader, A. 1985. Postharvest of technology: an overview. In postharvest technology of horticultural crops, 3311. University of California, Davis. 535 p.
- 53.- Kakhana, B. M. and V. V. Arasimovich. 1967. Features of carbohydrate conversion in the fruits of winter squash during ripening and storage. Abstract 12-22
- 54.- Kulp, M. 1975. Carbohydrates. In enzymes in food processing, Gerald, R. (Ed.). Academic Press, London. Pp.
- 55.- Lackey, G., Gross, K. C., and S. J. Wallner S. J. 1980. Loss of tomato cell wall galactan may involve reduced rates of synthesis. *Plant Physiology*. 66(4): 532- 533.
- 56.- Laguado, N., M. Marin, L. Arenas de M. y C. Castro de M. 1998. Relación entre variables indicadoras de maduración de frutos de guayabo (*Psidium guajava* L) var. Dominicana roja. *Rev. Fac. Agro. LUZ*, 15(6): 422-428.
- 57.- Laguado, N., E. Pérez, C. Alvarado y M. Marin, 1999. Características fisicoquímicas y fisiológicas de frutos de guayaba de los tipos Criolla Roja y San Miguel procedentes de dos plantaciones comerciales *Rev. Fac. Agro. LUZ*, 16(8): 382-397.
- 58.- Lavabitch, J. M. 1981. Cell wall turnover in plant development. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 32: 385-406.
- 59.- Layrisse, M., G. M., Nieves, L. Solano, M. A., Barón, F., Arguello, D. Llovera J., Ramírez, I. Leets, and E., Tropper. 2000. New property of vitamin A and β -carotene on human iron absorption: effect on phytate and polyphenols as inhibitors of iron absorption. *Archivos Latinoamericanos de nutrición*. 50 (3): 243-248.
- 60.- Lipton, J.W. 1980. Interpretation of quality evaluation of horticultural crops. *HortScience*. 15 (1) : 64-66.
- 61.- Magel, E. M. 1991. Qualitative and quantitative determination of starch by a colorimetric method. *Starch/Starke* 43(10): 384-387.
- 62.- Manrique, K. K. 2002. Las deficiencias en postcosecha en la cadena productor consumidor de la papa en Perú. Proyecto papa Andina. Centro Internacional de la papa, Lima-Perú. 1-20.
- 63.- Medlicott, A. 1999. Prod. Specifications and postharvest handling for fruit, vegetables and root crops exported from the Caribbean. Sydney Postharvest Laboratory. Sydney Australia. 1-3

- 64.- Mortensen, E. y E. Bullard. 1985. Horticultura tropical y subtropical. Ed. Pax-México. 101, 105.
- 65.- Moshenin, N. N. 1970. Physical properties of plant and animal materials. structure, physical characteristics and mechanical properties. Ed. Gordon and Breach Science Publishers. USA. 742 p.
- 66.- Mutschler, A.M. and H. O. Pearson, 1987. The origin, inheritance and instability of Butternut squash (*Cucurbita moschata* Duch). HortScience, 22(4): 535-539.
- 67.- Nee, M. 1990. The Domestication of *Cucurbita* (Cucurbitaceae). Econ. Bot. 44 (3): 56-68
- 68.- Pantástico, B. 1984. Fisiología de la postrecolección de manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales. Segunda Impresión. Continental, S.A. México, D.F.
- 69.- Paris, H.S. 1996. Summer squash: history, diversity, and distribution. HortTechnology. 6(1): 6-13.
- 70.- Paris, H.S., H. Nerson and N. Zass. 1986. Effects of gene B in *Cucurbita Moschata*. HortScience. 21 (4): 1036-1037.
- 71.- Pedroza, J.F., V.W.D., Casali, S.S. Cheng, M.I.F., Chitarra, and V.D., de Carvalho. 1983. Changes in composition of squashes and pumpkin during storage. Pesquisa Agropecuaria Brasileira. 18(1) :29-32
- 72.- Peirce, L.C. 1987. Vegetables, characteristic, production and marketing. John Wiley . USA. 475 p.
- 73.- Pérez, G.M., S. F., Márquez, and L. A., Peña. 1998. Mejoramiento genético de hortalizas. Segunda Edición. Mundi Prensa, México. 380 p.
- 74.- Phillips T. G. 1946. Changes in the composition de squash during storage. Plant Physiology. 21(4) : 533-541.
- 75.- Pressey, R.1997. Enzymes in food and beverage processing. ACS Symposium Series. Academic Press. N.Y.
- 76.- Ramírez R. F., 1998. Rendimiento reacción al virus hoja enrollada de la calabaza y características morfológicas de líneas autofecundadas e híbridos F₁ de calabacita (*cucurbita pepo* L.). Tesis de Maestría en Ciencias en Horticultura. Departamento de Agricultura y Ganadería. Universidad de Sonora. Pp. 61.

- 76.- Rexová-Bencová, L. and O. Markovic, 1976. Pectin enzymes. In: *Advances in carbohydrates chemistry and biochemistry.* (R.S. Tipson and Hortin D.eds.), vol.XXXIII, pp.323-385. Academic Press, N. York.
- 77.- Robinson, R.W. and D.S. Decker-Walters. 1997. *Cucurbits. Crop production science in horticulture.* 6th ed. Cab. International. 226 p.
- 78.- Ryall, A.L. and W. J. Lipton. 1970. *Handling, transportation and storage of fruits and vegetables. Vol. I . vegetables and melons.* Second edition. AVI. Westport, Connecticut. 587 p.
- 79.- Ryall, A.L. and W. J. Lipton. 1983. *Handling, transportation and storage of fruits and vegetables.* Second edition. AVI. Westport, Connecticut. Pp.
- 80.- Sadler, G. J. Davis and D. Dezman. 1990. Rapid extraction of lycopene and β -carotene from reconstituted tomato paste and pink grapefruit homogenate. *J. Food Sci.* 55(5): 1460-1461.
- 81.- Salunke, D. K., H. R. Bolin, and N. R. Reddy. 1991. *Storage, processing and nutritional quality of fruits and vegetables. Vol. I. Fresh fruits and vegetables.* Editorial CRC Press. Boca Raton Florida. 323 p.
- 82.- Saltveit, M. E., Jr. and A. R. Sharaf, 1992. Ethanol inhibits ripening of tomato fruit harvested at various degrees of ripeness without affecting subsequent quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117(5): 793-798.
- 83.- Sastav, H., H. Vrednost, and H. Ishrana. 1991. *Nutrition Abstracts.* 61-4430.
- 84.- Schutz, H. G., J. D., Damrell, and B. H. Loche, 1972. Predication hedonic ratings of raw carrot texture by sensory analysis. *J. Texture Studies* 3, 227.
- 85.- Skrede, G. 1985. Color quality of black currant syrups during storage evaluated by Hunter L, a, b, values. *J. Food Sci.* 50:514-517.
- 86.- Selvendran, R. R. 1985. Developments in the chemistry and biochemistry of pectin and hemicelluloses polymers. In: Roberts, K. Johnston; Lloyd, C. W., Shaw, P. and Woolhouse eds. *Supplement. Cambridge. J. Cell Sci.* 2:51-88.
- 87.- Selvandran, R. R. and P. Ryden. 1990. Isolation and analysis of plant cell wall. In: Dey, P.M., Harborne, J: B. *Methods in plant biochemistry.* Academic Press, California. United State of America. Vol.2: 459-579.
- 88.- Simon, W.P. 1997. Plant pigments for color and nutrition. *HortScience.* 32(1): 12-13.

- 89.- Sugimoto, Y., Y., Yasuyo, O., Mika, S., Mutuyo, W., Hiromi, M., Masahiro, and F., Hidetsugu. 1998. Developmental changes in the properties of squash starches. Abstract. Sch. Hum. Environ. Sci. 45(1): 11-19.
- 90.- Sunil, R. R, M., P. L. Hurst and L. D. Melton, 1999. Texture and polysaccharide of the cell wall the squash *Cucurbita maxima* L. abstract the Royal Society of New Zealand. Pp.2
- 91.- Szczesniak, A. S. and D. H. Kleyn. 1963. Consumer awareness of texture and other food attributes. Food Technology. 17, 74.
- 92.- Thomas, P. and C. Tsung-Shan 1988. Development of a method for the quantitative estimation of provitamin A carotenoids in some fruits. J. of Food Sci. 53(6):1703-1706.
- 93.- Tucker, G. A., N. G. Robertson, and D. Grieson. 1980. Changes of poligalacturonase isoenzymes, during ripening of normal and mutant tomato fruit. Eur. J. Biochem. 112: 119-124.
- 94.- Vigliola, I. 1999. Enfermedades y condiciones de almacenaje postcosecha de la calabaza Butternut (*Cucurbita moschata* Duch.) en la Argentina. Acta Horticulturae 368 ISHS: Simposio Internacional sobre el tratamiento Postharvest de cosechas hortícola. Abstract. Pp. 1- 3
- 95.- Villarreal L. O. 1989. Aplicaciones precosecha de calcio en durazno y su efecto sobre la firmeza y calidad del fruto durante el almacenamiento poscosecha. Tesis de Maestría. Departamento de Nutrición y Alimentos , del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Hermosillo, Sonora, México. 104 p.
- 96.- Vucetic, J.,M. Cirovic, and V. Matic. 1991. Chemical composition, nutritive value and healing properties of the pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch). Horticultural Abstracts. 61-5884
- 97.- Wall, J.R. 1954 . Interspecific hybrid of *Cucurbita* obtained by embryo culture. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 63 : 427-430.
- 98.- Watada, A. E., R.C. Herner, A.A. Kader, R.J. Romani and G.L. Staby. 1984. Terminology for the description of developmental stages of horticultural crops. HortScience, 19(1):20-21.
- 99.- Westwood, M. N. 1962. Seasonal changes in specific gravity and shape of apple, pear y peach fruits. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 80:90-96.
- 100.- Whitaker, T.W. and R. W. Robinson. 1986 Squash breeding. On breeding vegetable crop. Basset, J.M. Avi. 584 p.

- 101.- Wills, R. H. H., T. H. Lee, W. B. Mc Glasson, E. G. Hall and D. Graham. 1977.
Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas post-recolección. Acribia
101 p.
- 102.- Worth, H. G. J. 1967. The chemistry and biochemistry of pectic substances.
Chem. Rev. 67: 465-473.
- 103.- Yamaguchi, M. 1983. World vegetables. Avi. NewYork. 415 p.