



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Estudios Superiores
"CUAUTITLÁN"

**Cambios Fisiológicos y Químicos durante el
Desarrollo y la Maduración de la Granada China.
(Passiflora Ligularis).**

T E S I S

Que para obtener el Título de:

Químico Farmacéutico Biólogo

P r e s e n t a:

José Víctor Muñoz Benítez

Director de la Tesis:

I. B. Q. ROSA MANUELA ARRIAGA ORIHUELA

Cuautitlán, Izcalli, Estado de México.

1981.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas

Tesis Digitales

Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

I N D I C E .

Capítulo I.	Introducción.....	pág. 1
Capítulo II.	Materiales y Métodos.	
	2.1 Diagrama General de Experi- mentación.....	pág. 13
	2.2 Equipo Utilizado.....	pág. 17
	2.3 Métodos de Análisis.....	pág. 18
Capítulo III.	Resultados.....	pág. 38
	3.1 Estudio Fisiológico.....	pág. 39
	3.2 Estudio Químico.....	pág. 45
Capítulo IV.	Discusión de Resultados.....	pág. 52
Capítulo V.	Conclusiones.....	pág. 61
Capítulo VI.	Resumen.....	pág. 64
	Bibliografía.....	pág. 66

INTRODUCTION

El cultivo de las plantas frutales, en nuestro País, es de una importancia considerable, ya que las frutas son una fuente de nutrientes esenciales para la dieta, tales como: vitaminas, minerales, carbohidratos y ácidos. Además, de que se cuenta en el País con un clima propicio para su desarrollo.

Entre las cuarenta especies frutales que se cultivan en el País, existen algunas que son consideradas de bajo grado de comercialización, ya que su producción es a baja escala, la demanda para su consumo en fresco es poca, y no se industrializa; entre éstas se incluye a la granada china.

En el cuadro I se muestran algunos datos de producción de diferentes frutas de alto y bajo grado de comercialización, y en el cuadro II los principales Estados productores de granada china.

La granada china (Passiflora ligularis), se seleccionó para esta investigación debido que puede ser una fuente importante en la obtención de aceite (a partir de la semilla) y de pectinas (a partir del albedo); así como en la elaboración de jugos y/o néctares.

Estudios efectuados en la India, sobre un fruto perteneciente a la misma familia, conocido como fruta de la pasión (Passiflora edulis), Pruthi et. al., han demostrado que el jugo obtenido de este fruto tiene buenas perspectivas en el mercado, ya que posee un sabor característico y cuando se combina con otros jugos intensifica su

sabor. Por esta razón se pensó en realizar estudios fisiológicos y químicos pre y post-cosecha para conocer la edad óptima de maduración fisiológica, composición y propiedades físicas en diferentes estados de desarrollo o madurez y posible industrialización considerando su valor nutritivo. En el cuadro III se presenta el análisis de la pulpa - de la granada china, realizado por el Profesor Cordero - (Martínez, M., 1959).

La granada china es un fruto que pertenece a la familia de las Passifloráceas, la cual, comprende 12 géneros - con cerca de 600 especies distribuidas en las zonas tropicales, principalmente en América y África.

Las Passifloráceas son plantas herbáceas, en general trepadoras, con hojas de disposición alterna; interna o variadamente lobuladas de 12 centímetros de largo y 7.5 centímetros de ancho; sus flores son vistosas, de color blanco con manchas purpúreas, hermafroditas, de simetría radial y con androginóforo bien desarrollado.

El fruto de la granada china es una baya oval, amarillenta o anaranjada, en el cual, las semillas se encuentran envueltas en una pulpa acuosa de sabor agridulce.

En las figuras 1A-1F, se muestra el ramo con flores, la flor cortada longitudinalmente, el androginóforo, el ovario en corte transversal y el fruto de la granada china; así como el ramo fructífero de una especie de la familia.

Taxonómicamente, la granada china se clasifica de la siguiente manera (Brandao, J.A., 1966):

Reino..... Vegetal.
 Subreino..... Embriófita.
 División..... Traqueofita.
 Subdivisión..... Pteropsidas.
 Clase..... Angiospermas.
 Subclase..... Dicotiledóneas.
 Orden..... Violales.
 Suborden..... Flacourtiíneas.
 Familia..... Passifloraceae.
 Género..... Passiflora.
 Especie..... ligularis.

Entre los posibles beneficios que se obtendrían al industrializar la granada china, se encuentran:

- Obtención de aceite y pectinas a partir de la semilla y el albedo respectivamente.
- Elaboración de un jugo y/o néctar.

OBJETIVOS.

Los objetivos de esta investigación son:

- a). Determinar los cambios fisiológicos durante la maduración en frutos de diferentes edades (4, 6, 10, 12, y 16 semanas).
- b). Determinar los cambios químicos y algunas propiedades físicas durante el desarrollo y la maduración en cada una de las partes anatómicas, en frutos de 10, 12 y 16 semanas de edad.

CUADRO I.

"Producción Agrícola de Diferentes Frutos de Alto y Bajo Grado de Comercialización".					
Producto	Superficie Cosechada	Rendimiento (Ton/Ha).	Producción (Ton).	Precio (\$/Ton)	Valor de la Producción (miles de \$)
Naranja	146,718	22.9	3,356,764	1,002	3,361,279
Plátano	67,677	42.7	2,876,006	1,479	4,256,961
Limon agrio	49,680	17.4	864,164	2,066	1,777,742
Mango	45,718	15.6	713,096	3,426	2,442,111
Uva	31,929	10.163	324,808	4,097	1,330,412
Durazno	25,279	15.142	382,544	4,793	1,822,270
Tzicocote	1,476	11.87	17,503	1,480	25,804
Granada (diversas variedades incluída la china).	105	32.2	3,389	3,220	10,913
Zapote negro	586	10.710	6,276	3,880	24,358

Fuente de información: Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los E.U.M. (S.A.E.H.). año 1977.

CUADRO II.

"Principales Estados Productores de Diversos Tipos de Granada (incluida la china)."					
Entidad	Superficie Cosechada (Ha)	Rendimiento (Ton/Ha)	Producción (Ton)	Precio Medio Bursá (\$/Ton)	Valor de la Producción (miles de pesos).
Chiapas	20	12.5	250	800	200
México	25	14	230	6,000	1,380
Michoacán	6	33.7	100	4,000	400
Oaxaca	12	31.2	375	1,500	563
Ponera	38	18.8	715	4,000	2,860
Yucatán	4	4.7	19	1,900	36

**Fuente de información: Anuario
Estadístico de la Producción
Agrícola de los E.U.M. (S.A.R.N.)
1977.**

CUADRO III

"Análisis de la Pulpa de la Granada China".	
Constituyente	Porcentaje
Humedad	74.97
Cenizas	1.38
Albuminoides	2.40
Nitrógeno	0.39
Glucosa	3.76
Sacarosa	6.66
Goma	2.02
Grasa	3.07
Celulosa	5.69
	100.00
Calorias	89.60

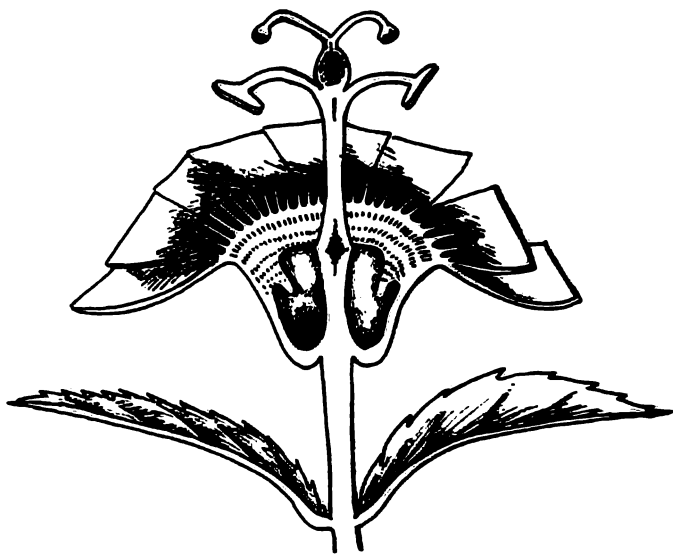
Fuente de información: Martínez, H;
Plantas Útiles de la Flora Mexicana.
pág. 270-1. Edit. Botas, México 1955

FIGURA 1 A.



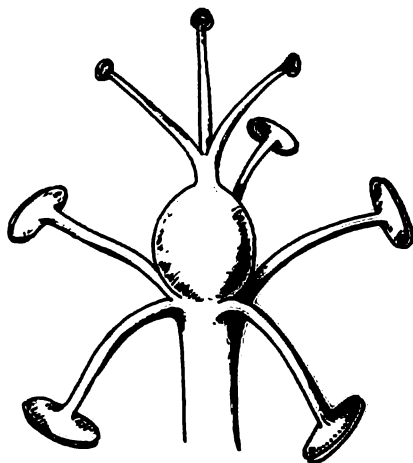
Ramo con flores de la Passiflora ligularis.

FIGURA 1 B.



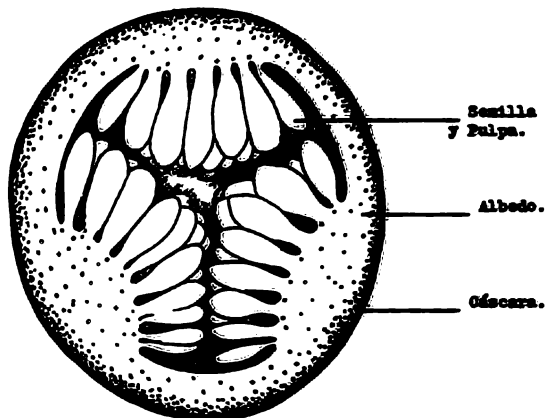
Flor cortada longitudinalmente,
de Passiflora ligularis.

FIGURA 1 C.



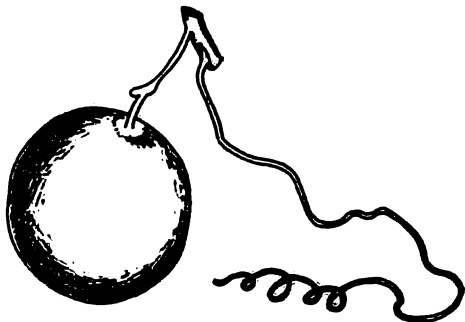
Androginóforo.
de Paspiflora ligularis.

FIGURA 1 D.



Ovario en corte transversal.
de Passiflora ligularis.

FIGURA 1 E.



Fruto de la Passiflora ligularis.

FIGURA 1 P.

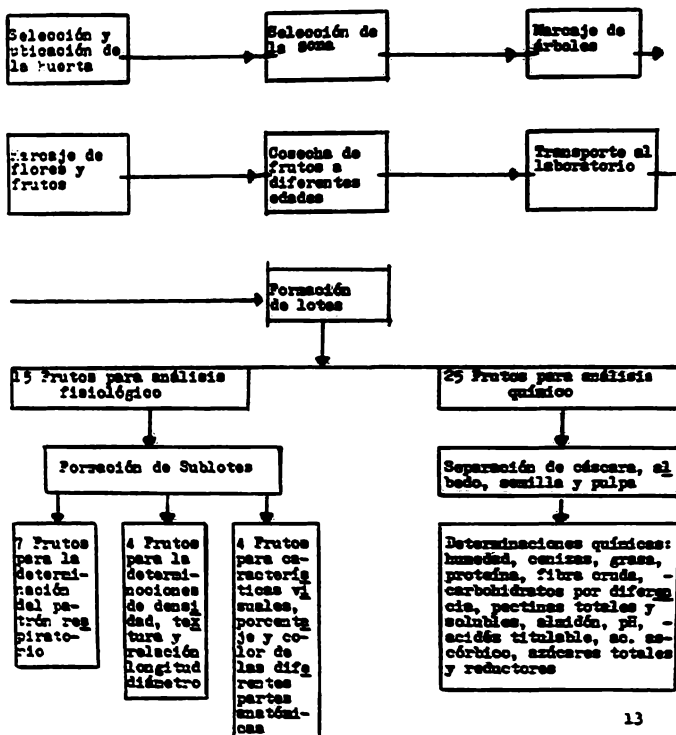


Raro fructífero de otra especie
de la familia.

M A T E R I A L E S Y M E T O D O S .

a). DIAGRAMA GENERAL DE EXPERIMENTACION.

A continuación, se presenta el diagrama general de experimentación que se utilizó en el presente trabajo, el cual, incluye desde la selección y ubicación de la huerta hasta la formación de lotes para efectuar los análisis correspondientes.



SELECCION Y UBICACION DE LA HUERTA.

De los diferentes estados productores de granada china del País, se eligió al Estado de México por encontrarse cerca del área de influencia de la F.E.S. Cuautitlán. De los diversos Municipios del Estado, se escogió al de Buena vista por ser uno de los más productores, seleccionándose una huerta al asar.

SELECCION DEL TERRENO.

De la superficie total de la huerta, se eligió una zona de 10 por 25 metros, en la cual, se localizaron 19 árboles.

La elección de la zona se efectuó tomando en consideración la altura en que se encontraban las flores de la granada china, para facilitar posteriormente la recolección de los frutos.

Es importante hacer notar que en la huerta se cultivan diferentes productos, entre ellos, la granada china, hay plagas, nunca se abona y el riego no es uniforme.

MARCAJE DE LOS ARBOLES.

Los 19 árboles localizados en la zona elegida, fueron marcados en la parte inferior del tronco con pintura de aceite.

MARCAJE DE FLORES Y FRUTOS.

El marcaje de flores y frutos se efectuó al asar, cogiéndose flores en completo desarrollo, a las cuales, se les colocó una pequeña etiqueta con la fecha en que fué —

marcada. Este procedimiento se repitió mensualmente, con el fin de tener la mayor cantidad de frutos.

COSECHA DE FRUTOS A DIFERENTES EDADES.

La cosecha de los frutos se realizó, escogiéndose de los 19 diferentes árboles, frutos con edades de 4, 6, 10, 12 y 16 semanas. No se efectuaron análisis a las frutas de 8 y 14 semanas de edad, porque no se nos permitió el acceso a la huerta.

Debido a que la investigación se encontraba muy avanzada se optó por dejarla así.

TRANSPORTE DE LOS FRUTOS AL LABORATORIO.

El transporte de los frutos cosechados se efectuó colocándolos en bolsas de polietileno perforadas.

FORMACION DE LOTES.

Para edades de 4 y 6 semanas se cosecharon 25 frutos, efectuándoseles determinaciones fisiológicas únicamente, debido a que las partes anatómicas del fruto no se encontraron bien diferenciadas. Para las demás edades se recolectaron 40 frutos, de los cuales, 15 se destinaron para análisis fisiológico y 25 para análisis químico.

De las muestras designadas para análisis fisiológico se formaron sublotos de la siguiente manera: 7 frutos para determinaciones del patrón respiratorio, 4 frutos para determinaciones de textura, densidad y relación longitud/diámetro (L/D), y 4 frutos para características visuales (co-

lor, aspecto y forma) y porcentaje de partes anatómicas.

A los frutos destinados para análisis químico, se les separó cáscara, albedo, semilla y pulpa; procediéndose a efectuar las siguientes determinaciones:

Para semilla, albedo, pulpa y cáscara: humedad, cenizas, proteína, grasa, fibra cruda y carbohidratos (por diferencia).

Además, en pulpa se efectuaron determinaciones de: pH, acidez titulable, ácido ascórbico, azúcares totales y reductores; y en albedo: pectinas totales, solubles y almdón.

b). EQUIPO UTILIZADO.

- Balanza analítica Mettler modelo N80.
- Balanza granataria digital Mettler modelo PB300.
- Baño de agua maría con temperatura regulable Grant.
- Bomba de vacío Feli-Welch.
- Centrífuga clínica Damon.
- Destilador pregl Lab. Con Co.
- Espectrofotómetro Bausch & Lomb modelo 2BI45.
- Estufa de temperatura constante Mapex.
- Evaporador Flash.
- Micromolino Dalton.
- Mufia Blue M.
- Parrillas eléctricas Thermolyne.
- Penetrómetro R-LUSA.
- Potenciómetro Corning.
- Reactivos de grado analítico.

c). METODOS DE ANALISIS.

- Determinación del peso y porcentaje de partes anatómicas. Cada fruto entero se pesó en una balanza granataria digital, y después por separado cáscara, albedo, semilla y pula.

- Relación longitud/diámetro.

A cada granada china se le midió la longitud y el diámetro de la parte más ancha, usando una escala de papel milimétrico y una escuadra.

- Determinación de textura.

A cada granada china se le determinó la textura, usando un penetrómetro B-LUSA, y se reportó como Kg/cm².

- Determinación de densidad.

Cada fruto entero se pesó en una balanza granataria digital y se colocó en una probeta con agua, midiéndose posteriormente el volumen de desplazamiento de agua. La densidad se obtuvo mediante la fórmula: $\rho = m/v$.

- Determinación de la velocidad de respiración.

(Larshwinarayana, S., 1974).

Soluciones y reactivos:

1. Solución saturada de hidróxido de bario (70 g/lit en agua destilada, hervida y libre de CO₂).

2. Solución de ácido clorhídrico 4N.
3. Solución de ácido clorhídrico 0.1N.
4. Fenoftaleína al 1% en etanol al 50%.

Procedimiento: antes de efectuar la determinación de la velocidad de respiración, se lavaron los tubos Pettenkoffer con la solución de ácido clorhídrico 4N, se enjuagaron con agua destilada y se pesaron los frutos.

Las muestras se colocaron en unos frascos o desecadores, haciéndoles pasar una corriente de aire continua y — constante con la ayuda de una bomba de vacío (el flujo de aire se regula a 100 ml/min. por medio de unos rotámetros conectados a los tubos Pettenkoffer).

El aire arrastró el CO₂ producido por la respiración de los frutos a los tubos Pettenkoffer, que contenían 50 ml. de la solución saturada de hidróxido de bario, los — cuáles reaccionaron produciendo carbonato de bario según la siguiente reacción:



El hidróxido de bario que no reaccionó se tituló con la solución de ácido clorhídrico 0.1N. De la misma manera, se hizo un testigo utilizando un frasco que no contenía — fruto. La medición de la velocidad de respiración se efectuó diariamente hasta que los frutos se descomponían, — circulando el aire durante una hora, calculándose los mg. de CO₂/Kg h. con la siguiente fórmula:

$$\text{mg. CO}_2/\text{Kg h.} = \frac{(\text{Tb}-\text{Tm}) (2.2) (1000)}{p \times t}$$

p x t

Donde:

Tb= ml. de HCl 0.1N usados en la titulación del testigo.

Tm= ml. de HCl 0.1N usados en la titulación de la muestra.

2.2= mg. de CO₂

ml. de HCl

p= al peso del fruto (en gramos).

t= tiempo (en horas)

1000= Factor de conversión.

Con los valores obtenidos, se construyó la curva de respiración para cada fruto, graficando los miligramos de CO₂/Kg h. respirados diariamente. El patrón de respiración se estableció haciendo un promedio de todas las curvas de los frutos.

- Determinación de humedad (A.O.A.C. 1980).

De cada parte anatómica se tomaron muestras representativas (10 g. para cada una de las partes) y se colocaron en cápsulas de aluminio, dentro de una estufa a 55 grados C. por 72 horas (las cápsulas deben estar a peso constante). La humedad está dada por la pérdida de peso del material y

se reportó como g/100 g. de muestra (%), según la siguiente relación:

$$\% \text{ humedad} = \frac{P1-P2}{w} \times 100$$

Donde:

P1= Peso de la cápsula con muestra húmeda.

P2= Peso de la cápsula con muestra seca.

w= Gramos de muestra empleada.

- Determinación de cenizas. (A.O.A.C. 1960).

Se pesaron de 2 a 3 gramos de muestra seca y sólida que pasó a través de una malla 60; se transfirieron a un crisol puesto previamente a peso constante; se carbonizó en un mechero hasta el cese de desprendimiento de humo y se mantuvieron a una temperatura de 500-550 grados C., durante dos horas en una mufla.

El calentamiento se suspendió cuándo las cenizas adquirieron un color blanco o gris y entonces se enfriaron y se pesaron. El resultado obtenido se expresó como g/100 g de muestra (%) y se calculó con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ cenizas} = \frac{P1}{P2} \times 100$$

Donde:

P1= Gramos de cenizas obtenidas.

P2= Gramos de muestra.

- Determinación de nitrógeno total (método del Micro-Kjeldahl, A.O.A.C. 1980).

Soluciones y reactivos:

1. Solución de NaOH al 40%—Na₂ S₂ O₃ al 0.5%: se disolvieron 40 gramos de hidróxido de sodio en 100 ml. de — agua destilada con agitación. Por separado se disolvieron 5 gramos de tiosulfato de sodio en 100 ml. de agua, la cual, se agregó a la solución de hidróxido de sodio.

2. Solución de ácido bórico al 4%: se pesaron 4 gramos de ácido bórico y se disolvieron en 100 ml. de agua — destilada.

3. Indicador de Fashiro: a 100 ml. de solución alcohólica al 80% se agregaron 0.1 gramos de rojo de metilo.

Por separado, se agregaron 0.025 g. de azul de metileno a 25 ml. de alcohol etílico.

Ambas soluciones se mezclaron perfectamente.

Para preparar la solución usual, se diluye una parte de la mezcla, una de alcohol al 46% y dos de agua destilada libre de CO₂. En caso de que el indicador tuviera una coloración roja, se adiciona NaOH 0.1N hasta el viré a violeta café.

4. Solución de ácido clorhídrico 0.002N.

5. Acido sulfúrico concentrado.

Procedimiento:

Se pesaron de 10 a 30 mg. de muestra seca y sólida que pasó a través de una malla 60, se transfirieron a un — matrás Kjeldahl de 30 ml.; se adicionaron 1.30 ± 0.05 g. de sulfato de potasio; 40 ± 5 mg. de óxido de mercurio ro-

jo; 2 ml. de ácido sulfúrico concentrado y 2 perlas de vidrio. La muestra se digirió por un lapso de 2 horas, pasado éste tiempo, se transfirieron cuantitativamente a un destilador Fregl, lavando el matríz con 2 ml. de agua destilada e incorporándolos a las muestras.

El destilado se recibió en un matríz Erlenmeyer que contenía 5 ml. de ácido bórico al 4% y 0.1 ml. de indicador de Tashiro.

La destilación se suspendió cuando se colectaron 50 ml., se tituló con HCl 0.002N hasta el vire del indicador.

Paralelamente, se corrió un testigo y dos muestras - con un contenido de nitrógeno conocido.

El contenido de nitrógeno de la muestra se reportó - como % de proteína según las siguientes relaciones:

$$\% \text{ proteína} = \% \text{ N2} \times 6.25$$

$$\% \text{ N2} = \frac{(Tm - Tt) \times N \times 14 \times 100}{w}$$

w

Donde:

Tm= ml. de HCl 0.002N gastados en la titulación de la muestra.

Tt= ml. de HCl 0.002N gastados en la titulación del testigo.

N= Normalidad de la solución de NaOH.

w= Peso de la muestra en mg.

- Determinación de grasa (método de Soxhlet, A.O.A.C. 1980).

Se pesaron de 5 a 10 gramos de muestra seca y sólida

que pasó a través de una malla 60; se transfirieron a un cartucho de extracción y se tapó con un pedazo de algodón previamente desengrasado con éter. El cartucho se colocó dentro del extractor del aparato (poniendo previamente el matrás a peso constante).

Se añadió suficiente éter de petróleo y se calentó durante 5 horas; pasado éste tiempo, se retiró el cartucho, el extractor y el condensador, colocando el matrás en una estufa a 100 grados C. hasta peso constante. La grasa se reportó como g/100 g. de muestra, mediante la siguiente relación:

$$\% \text{ de grasa} = \frac{(P1 - P2) \times 100}{w}$$

Donde:

P1= Peso del matrás con grasa.

P2= Peso del matrás.

w= Peso de la muestra en gramos.

- Determinación de fibra cruda (A.O.A.C. 1980).

Soluciones y reactivos:

1. Ácido sulfúrico al 1.25%.
2. Solución de NaOH al 1.25%.

Procedimiento:

Se pesaron 2 gramos de muestra desengrasada y seca; se transfirieron a un vaso de Berzelius, se adicionaron 200 ml. de la solución de ácido sulfúrico al 1.25% y se hirvió la muestra durante 30 minutos.

se filtró con ayuda de un embudo Buchner usando vacío y se lavó el precipitado con 500 ml. de agua caliente hasta eliminar el exceso de ácido. El precipitado se pasó al vaso - de Berzelius, se agregaron 200 ml. de la solución de hidróxido de sodio al 1.25%, hirviendo nuevamente durante 30 minutos. Se filtró a través de un papél filtro de cenizas orgánicas, se lavó la muestra con 500 ml. de agua caliente, y se secó el precipitado en una estufa a 100 grados C hasta obtener peso constante.

El contenido de fibra cruda se reportó como gramos/100 gramos de muestra (%) mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de fibra cruda} = \frac{P_1 - P_2}{w} \times 100$$

Donde:

P₁= Peso del papél filtro con el precipitado.

P₂= Peso del papél filtro.

w= Gramos de muestra usada.

- Determinación de pH y ácidos titulable (A.O.A.C. 1980).

Soluciones y reactivos:

1. Solución de NaOH 0.1N.

2. Indicador azul de timol: Se disolvieron 0.1 g. del indicador en 10.7 ml. de NaOH al 0.02N y se afloó a 250 ml con agua destilada.

Procedimiento:

Se homogenizaron 20 gramos de muestra fresca con 100 ml. de agua destilada, se midió el volumen y se filtró a -

través de lana de vidrio. Al filtrado se le determinó el pH usando el potenciómetro.

Para efectuar el análisis de ácidos titulable, se tomó una alícuota del filtrado, se diluyó a 50 ml. con agua destilada, se agregó 1 ml. del indicador azul de timol y - se tituló con la solución de NaOH 0.01N. La ácidos titulable se reportó como gramos de ácido málico/100 g. de muestra (%), mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de ácido málico} = \frac{T \times N \times V \times 67}{M \times p \times 10}$$

Donde:

T= ml. de NaOH usados en la titulación.

N= normalidad de la solución de NaOH.

V= volumen del filtrado.

M= alícuota usada para la titulación.

p= gramos de la muestra usados.

67= peso equivalente del ácido málico.

10= factor de conversión.

- Determinación de ácido ascórbico (A.O.A.C. 1980).

Soluciones y reactivos:

1. Solución reguladora de ácido acético-ácido metafosfórico-ácido sulfúrico. Se disolvieron 30 g. de ácido metafosfórico en 400 ml. de solución de ácido sulfúrico 0.3N, - con agitación vigorosa y calentando hasta 70 grados C. Se enfrió y se agregaron 80 ml. de ácido acético glacial, se

filtró a través de lana de vidrio y se llevó a 1000 ml. con la solución de ácido sulfúrico 0.3N (esta solución se conservó en refrigeración).

2. Solución de Indofenol: 50 mg. de la sal sódica del 2-6 dicloroindofenol se disolvieron en 50 ml. de agua destilada a la que previamente se le adicionaron 42 mg. de bicarbonato de sodio. Se agitó vigorosamente y cuando el indicador se disolvió se diluyó a 200 ml. con agua destilada; se filtró a través de lana de vidrio y se conservó en refrigeración en un frasco ámbar.

Estandarización de la solución de indofenol:

Se prepararon 50 ml. de una solución tipo de ácido ascórbico que contenía un mg/ml de solución reguladora.

Se agregaron 2 ml. de esta solución a un matraz Erlenmeyer de 50 ml., que contenía 5 ml. de solución reguladora.

Se tituló con la solución de indofenol hasta la aparición de color rosa. Paralelamente se hizo un testigo usando 7 ml. de solución reguladora y una cantidad equivalente a los ml. de indofenol usados en la titulación de la solución tipo de ácido ascórbico.

Para calcular los mg. de ácido ascórbico equivalentes a 1 ml. de solución de indofenol, se restaron los ml. gastados en la titulación del testigo a los usados en la estandarización.

Determinación de ácido ascórbico en la muestra.

Se homogenizaron 30 g. de muestra fresca con 60 ml. de agua, se midió el volumen final y se agregó una cantidad igual de solución reguladora, midiendo el volumen fi-

nal y filtrando a través de lana de vidrio.

Se tomó una alícuota del filtrado (que contenía -- aproximadamente 2 mg. de ácido ascórbico), titulándose -- con la solución de indofenol.

Se corrió un testigo que contenía una cantidad de -- solución reguladora equivalente a la alícuota tomada y un volúmen de agua igual a los ml. de solución de indofenol gastados en la titulación de la muestra.

El resultado obtenido se reportó como mg. de ácido -- ascórbico por 100 gramos de muestra, que se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{mg. de ác. ascórbico/100 g} = \frac{(X - B)F \times V \times 100}{Y \times E}$$

Donde:

X= ml. de solución de indofenol gastados en la titulación de la muestra.

B= ml. de solución de indofenol gastados en la titulación del testigo.

F= mg. de ácido ascórbico/ml. de solución de indofenol.

V= volúmen del filtrado final.

Y= alícuota tomada para la titulación de la muestra.

E= peso de la muestra en gramos.

- Determinación de azúcares totales y reductores.

(Joselyn, M.A., 1970).

Soluciones y reactivos:

1. Etanol al 80% .

2. Reactivo de Shaffer-Somogyi: se disolvieron 4 gramos de hidróxido de sodio, 28 g. de fosfato ácido de sodio, 40 g. de tartrato de sodio y potasio en 200 ml. de agua — destilada con calentamiento y agitación.

Por separado, se disolvieron 0.89 g. de yodato de — potasio en 25 ml. de agua destilada con calentamiento, — agregándose al reactivo principal. Se adicionaron 8 g. de sulfato de cobre pentahidratado, y finalmente se disolvieron 180 g. de sulfato de sodio anhidro con agitación vigorosa.

El reactivo se llevó a un volumen final de 1000 ml. con agua destilada y se dejó reposar toda la noche, filtrándose al día siguiente a través de lana de vidrio.

El reactivo puede cristalizar fácilmente si la temperatura disminuye, si ésto sucede, es necesario redisolver el sulfato de sodio calentando en baño de agua y agitando (antes de usar el reactivo, se enfría a 20 grados C).

3. Solución de yoduro de potasio-oxalato de potasio: se disolvieron 2.5 g. de cada una de estas sustancias en — 60 ml. de agua destilada; llevándose a un volumen final de 100 ml. (se debe preparar solución nueva cada semana).

4. Solución de tiosulfato de sodio 0.005N. Se prepará diariamente a partir de una solución 0.1N que se conservó en refrigeración.

5. Solución de ácido sulfúrico 2N.

6. Indicador rojo de fenol: se disolvieron 0.1 g. de rojo de fenol en 28 ml. de solución 0.01N de NaOH y se disluyó a 200 ml. con agua destilada.

7. Indicador de almidón al 1% (p/v): se disolvió 1 g. de almidón soluble en agua destilada y hervida, llevándose a un volumen final de 100 ml.

Curva de calibración de azúcares reductores:

Se preparó una solución tipo que contenía 1 mg. de — glucosa/ml. de agua destilada.

Se transfirieron a tubos de ensaye gruesos, alícuotas de 1, 1.5, 2, 2.5 y 3 ml. de ésta solución haciendo un testigo con agua destilada. Se completó el volumen a 5 ml. con agua y se agregaron 5 ml. del reactivo de Shaffer-Somogyi, se tapó el tubo con una canica y se colocó en un baño de — agua hirviendo durante 15 minutos. Después de ese tiempo, se sacaron y se enfriaron a temperatura ambiente. Se transfirió su contenido a matraces Erlenmeyer de 250 ml, enjugando los tubos con porciones de 10 ml. de agua destilada, hasta completar 50 ml. Se agregaron 2 ml. de la solución — de yoduro de potasio-oxalato de potasio y 3ml. de ácido — sulfúrico 2N se mezcló, se tapó en matrás con un tapón de hule y se dejó reposar 5 minutos.

Al cabo de ese tiempo, se tituló el yodo liberado con la solución de tiosulfato 0.005N hasta que la muestra adquirió un color amarillo claro, se agregaron 4 gotas de indicador de almidón y 4 de rojo de fenol. Se continuó la titulación hasta la desaparición del color azul.

Extracción de las muestras.

A 60 ml de etanol al 80% en ebullición se le agrega—

ron 15 g de pulpa congelada y se dejó hervir durante 3 minutos. Se hogenizó y se transfirieron cuantitativamente a un cartucho de extracción completando el volumen de estaño a 100 ml.

Los azúcares se extrajeron en el Soxhlet durante 6 horas. El extracto obtenido se filtró y se concentró en un evaporador Flash hasta 10 ml, los cuáles, se llevaron a 100 ml con agua destilada (éste extracto puede conservarse dos días como máximo en refrigeración).

Determinación de azúcares reductores en las muestras.

Se determinaron como en la curva de calibración usando un ml del extracto de azúcares en agua.

Determinación de azúcares totales en la muestra.

En un vaso de precipitado, se agregó 1 ml del extracto de azúcares en agua, 0.5 ml de HCl concentrado y 4 ml de agua destilada, se mezcló y se dejó hidrolizar toda la noche.

Al día siguiente, se neutraliza con NaOH al 20% (usando fenoftaleína como indicador), se transfirieron en tubos de ensaye y se determinaron azúcares totales como en la curva de calibración.

Los azúcares reductores y totales se reportaron como g de glucosa/100 g de pulpa (%), mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Glucosa} = \frac{L \times F \times 10}{T \times x \times p}$$

Donde:

L= ml de solución de tiosulfato usados en la titulación del testigo menos los usados en la titulación de la muestra.

F= dilución del extracto de azúcares en agua.

T= ml de solución de tiosulfato de sodio/mg de glucosa (de la curva de calibración).

m= ml del extracto usados en la determinación.

p= peso de la muestra en gramos.

10= factor de conversión.

- Determinación de pectinas (Pressley, R., 1971).

(McCready, R.H., 1977), (Francis, B.J., 1976).

Soluciones y reactivos:

1. Etanol al 95%.

2. Acetona.

3. Verseno al 0.5%: se disuelve 5 g de la sal tetrasódica del ácido etilendiamino tetraacético (EDTA) en agua destilada y se lleva a 1000 ml.

4. Ácido sulfúrico concentrado.

5. Reactivo de Carbazol: 0.15 g de carbazol se disuelven en 100 ml de etanol purificado.

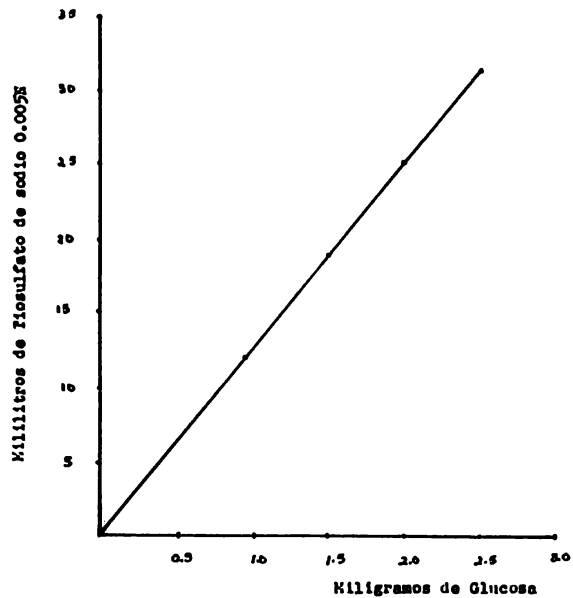
6. Ácido anhidro galacturónico.

7. Poligalacturonasa de Aspergillus niger purificada.

Curva de calibración de ácido galacturónico.

Se preparó una solución tipo con 50 mg de ácido anhi-

CURVA DE CALIBRACION DE GLUCOSA.



dro galacturónico disueltos en 1000 ml de agua destilada.

En tubos largos y anchos se agregaron 12 ml de ácido sulfúrico concentrado y se enfriaron en un baño de hielo a 3 grados C. Se agregaron alícuotas de la solución tipo de 0.4, 0.8, 1.2, 1.6 y 2.0 ml, haciéndose un testigo con agua destilada.

El volumen se completó a 14 ml con agua destilada, se agitó y se enfrió en baño de hielo hasta 5 grados C.

Se calentaron los tubos en baño de agua a ebullición durante 10 minutos y se enfriaron posteriormente a 20 grados C. Se agregó 1 ml de cartasol al 0.15%; se agitó y se dejó desarrollar color durante 25 minutos a temperatura ambiente. Se leyó la absorbancia a 520 nm.

A las lecturas de la muestra se les restó la lectura del testigo y se elaboró la curva de calibración, mediante la cual se calculan los mg de ácido galacturónico correspondientes a una unidad de absorbancia.

Obtención del residuo insoluble en alcohol (NIA).

Durante 20 minutos se refluxaron en alcohol al 96% 30 g de muestra congelada, se enfrió y se homogenizó, filtrando después al vacío.

El filtrado se desechó y el residuo se refluxó nuevamente con 100 ml de etanol al 80% durante 20 minutos, se enfrió, con acetona lavándose posteriormente, filtrando al vacío hasta que la muestra no tuviera color.

El residuo se secó en una estufa a 45-50 grados C hasta que no oliera a acetona. Se pesó la cantidad de NIA

obtenido.

Determinación de pectinas solubles en agua:

Se pesaron 0.1 g de RIA, se suspendieron en 50 ml de agua y se incubaron durante dos horas en un baño de agua - a 25 grados C agitando ocasionalmente. Se filtró y se enjuagó el residuo con pequeñas porciones de agua destilada, llevando a un volumen final de 50 ml. Se tomó una alícuota del filtrado y se determinó ácido galacturónico como en la curva de calibración.

Determinación de pectinas totales.

Se humedecieron con etanol al 95% 0.1 g de RIA y se suspendieron en 50 ml de versano al 0.5%; se ajustó el pH a 11.5 con NaOH 1N y se incubó por 30 minutos en un baño de agua a 25 grados C. Se acidificó hasta pH 5 con ácido acético para desesterificar las pectinas y se agregaron 10 mg de poligalacturonasa. Se incubó una hora a 25 grados C; se filtró y se llevó a 250 ml con agua destilada. Se tomó una alícuota adecuada y se determinó ácido galacturónico como en la curva de calibración.

Las pectinas solubles y totales se reportaron como g de ácido galacturónico/100 g de pulpa (%), calculándose con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ ácido galacturónico} = \frac{A \times F \times V \times H}{a \times p \times m \times 104}$$

Donde:

A= Absorbancia de la muestra.

P= Microgramos de ácido galacturónico/unidad de absorbancia (de la curva de calibración).

V= Volumen al que se llevó el extracto en agua o en EDTA.

M= Peso del RIA.

a= Alícuota del extracto usado en la determinación.

p= Gramos de muestra usados.

104= Factor de conversión.

- Determinación de almidón. (Joslyn, M.A. 1970).

Soluciones y reactivos:

1. Solución decolorante: se disolvieron 80 g de cloruro de sodio en 250 ml de agua destilada, se agregaron 750 ml de metanol, se agitó y se dejó reposar hasta que la solución estuvo transparente. Se filtró para eliminar el exceso de cloruro de sodio.

2. Reactivo de ácido perclórico: se agregaron 300 ml de ácido perclórico del 70-72% a 224 ml de agua destilada,

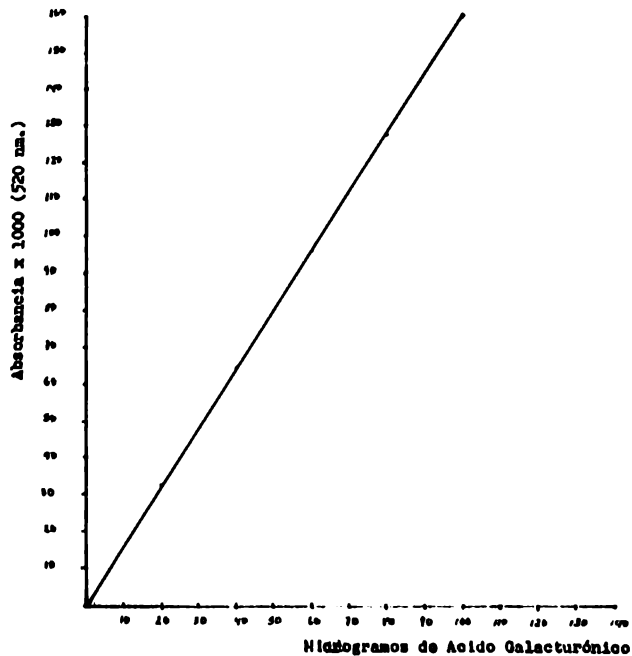
3. Solución de yodo-yoduro de potasio: se disolvieron 20 g de yoduro de potasio en 20 ml de agua. Se agregaron 2 g de yodo y se aforó a 1000 ml con agua destilada.

Preparación de la curva de calibración.

Se disolvieron 0.1 g de almidón en 10 ml de solución de ácido perclórico; se mezcló para disolver; se dejó reposar 10 minutos y se diluyó a 100 ml con agua destilada.

Se tomaron alícuotas de 2, 4, 6, 8 y 10 ml de esta -

CURVA DE CALIBRACION DE ACIDO GALACTURONICO.



solución y se agregaron a matraces aforados de 100 ml — que contenían 0.5 ml del reactivo del ácido perulórico, diluyéndose a 100 ml. Estas soluciones tenían 20, 40, 60, 80 y 100 mg/ml de almidón respectivamente.

Después de 20 minutos, se leyó la absorbancia a 600 nm. en el espectrofotómetro, se elaboró la curva de calibración de almidón y se calcularon los mg de almidón correspondientes a una unidad de absorbancia.

Determinación de almidón en las muestras.

Se transfirieron 50 mg de muestra seca y molida a través de malla del número 60 a tubos pequeños de centrifuga; se agregaron 12 ml de la solución decolorante y se colocaron durante 10 minutos en un baño de agua a 72 grados C.

Se enfriaron a temperatura ambiente y se centrifugaron 10 minutos a 2000 rpm.

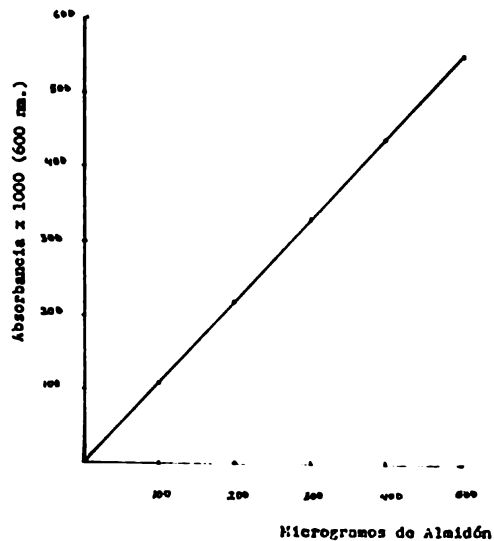
Se desechó el sobrenadante y al residuo se le agregaron 5 ml del reactivo de ácido perulórico, dejándolo 10 minutos en reposo, se agregaron 5 ml de agua destilada; se mezcló y se centrifugó a 15000 rpm durante 20 minutos.

Se tomó una alícuota (diluyendo si era necesario) y se desarrolló color como en la curva de calibración, leyéndose la absorbancia a 600 nm.

El contenido de almidón se expresó como g/100 g de muestra (%) y se calculó con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Almidón} = \frac{A \times F \times V \times D}{a \times m \times 10}$$

CURVA DE CALIBRACION DE ALMIDON.



Donde:

A= Absorbancia de la muestra.

F= Gramos de almidón/unidad de absorbancia (de la curva de calibración).

V= Volumen final del sobrenadante.

D= Dilución del sobrenadante.

a= Alícuota tomada de la dilución.

m= Peso de la muestra empleada en mg.

10= Factor de conversión.

R E S U L T A D O S

a). *Estudio Fisiológico.*

Los resultados de los análisis que se presentan a continuación, son promedio de cuatro determinaciones efectuadas a frutas de edades diferentes, para los cuñles, se usaron cinco sublotos constituidos por cuatro frutos cada uno.

En el cuadro IV, se presentan los resultados del peso, volumen y proporción de parte no comestible; observándose - que el peso se incrementa hasta las 10 semanas, disminuyendo posteriormente en una forma muy notoria. Por el contrario, en el volumen no ocurre una variación muy importante.

En el cuadro V, se muestran los resultados de textura, densidad y relación longitud-diámetro (L/D), infiriéndose que en estas dos últimas determinaciones se presentan los valores máximos a las 10 semanas, decayendo posteriormente.

En la textura se observa que a las 6 semanas es más firme haciéndose más floja conforme avanza el desarrollo - del fruto.

En el cuadro VI, se muestran los porcentajes de las diferentes partes anatómicas del fruto, encontrándose que - la cantidad de pulpa se incrementa considerablemente conforme madura el fruto, mientras que la proporción de las otras partes anatómicas disminuye (principalmente en albedo y - cáscara).

En el cuadro VII, se presenta el color de las diferentes partes anatómicas detectadas visualmente, inquirendose que en semilla y pulpa aumenta la intensidad, mientras que en cáscara el color se vuelve más tenue.

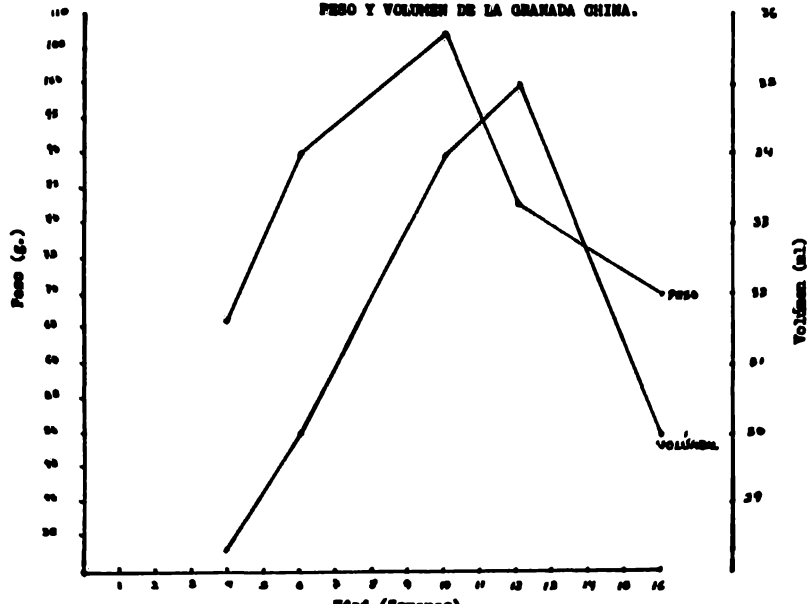
Otra característica visual que se presenta en los —
frutos es la formación de un borde o corona, en el ápice,
poniéndose de manifiesto desde las cuatro semanas, edad —
en la cual, el fruto es de forma redonda pasando a la forma
oval conforme avanza su madurez.

CUADRO IV.

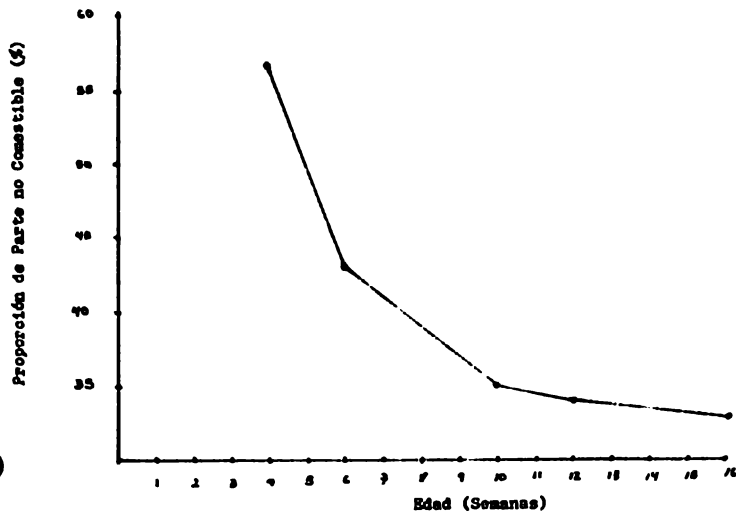
**"Peso, Vólvmen y Proporción de Partes no
Comestibles de Frutos en Edades Diferentes".**

Edad (Semanas)	Peso (g)	Vólvmen (ml)	Proporción de Parte no Comestible.
4	65.0 $\pm$ 6.7	28.3 $\pm$ 6.2	56.7 $\pm$ 0.8
6	90.2 $\pm$ 6.8	30.0 $\pm$ 7.0	42.9 $\pm$ 1.0
10	107.5 $\pm$ 7.0	34.0 $\pm$ 8.2	35.2 $\pm$ 1.0
12	83.7 $\pm$ 4.7	35.0 $\pm$ 7.0	34.8 $\pm$ 0.1
16	70.0 $\pm$ 5.5	30.0 $\pm$ 3.2	33.6 $\pm$ 0.1

PESO Y VOLUMEN DE LA GRANADA CHINA.



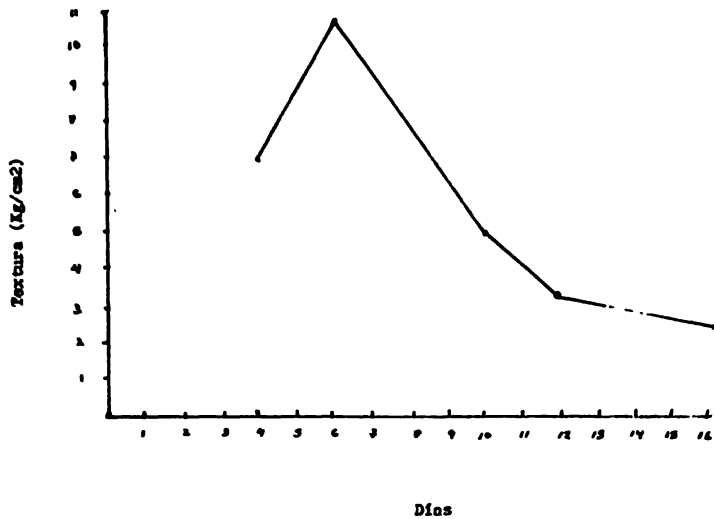
PROPORCION DE PARTE NO COMESTIBLE DE LA GRANADA CHINA.



CUADRO V.

"Relación Longitud-Diámetro (L/D), Densidad y Textura de Frutos de Granada China en Diferentes Edades".					
Edad (Semanas)	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Relación (L/D)	Densidad (g/cm ³)	Textura (Kg/cm ²)
4	9.5 $\pm$ 0.6	7.4 $\pm$ 0.5	1.12 $\pm$ 0.2	2.3 $\pm$ 0.15	7.0 $\pm$ 0.6
6	8.1 $\pm$ 0.6	6.7 $\pm$ 0.5	1.20 $\pm$ 0.2	3.0 $\pm$ 0.5	10.7 $\pm$ 0.3
10	8.43 $\pm$ 0.7	6.9 $\pm$ 0.4	1.22 $\pm$ 0.4	3.1 $\pm$ 0.01	4.9 $\pm$ 0.8
12	8.1 $\pm$ 0.7	6.9 $\pm$ 0.4	1.1 $\pm$ 0.2	2.4 $\pm$ 0.2	3.2 $\pm$ 0.9
16	7.9 $\pm$ 0.6	6.5 $\pm$ 0.6	1.2 $\pm$ 0.4	2.3 $\pm$ 0.01	2.4 $\pm$ 0.3

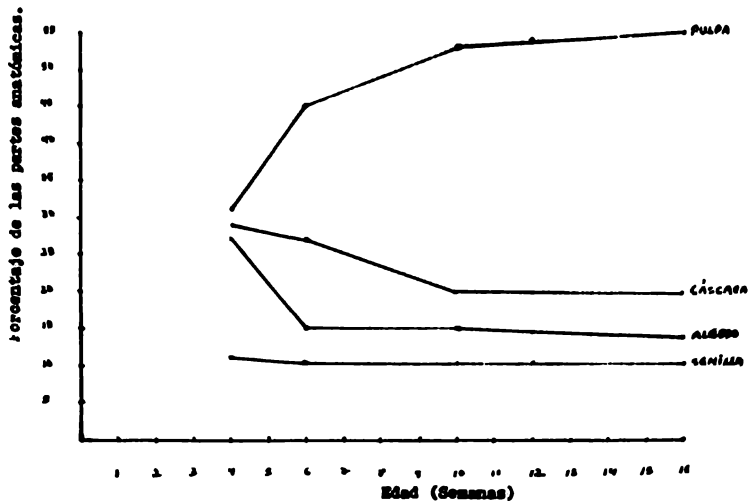
TEXTURA DE LA GRANADA CHINA.



CUADRO VI

"Proporción de las Partes Anatómicas de la Granada China Conforme Avanza en su Estado de Madurez".				
Edad (Semanas)	Cáscara %	Albedo %	Semilla %	Pulpa %
4	29.3 $\pm$ 0.8	27.4 $\pm$ 0.7	12.1 $\pm$ 0.2	31.2 $\pm$ 0.6
6	27.4 $\pm$ 1.0	15.5 $\pm$ 1.0	11.5 $\pm$ 0.7	45.6 $\pm$ 1.0
10	20.1 $\pm$ 1.0	15.1 $\pm$ 1.0	11.4 $\pm$ 1.0	53.4 $\pm$ 1.0
12	20.0 $\pm$ 0.8	14.9 $\pm$ 1.0	11.3 $\pm$ 0.1	53.8 $\pm$ 1.0
16	19.8 $\pm$ 0.1	14.0 $\pm$ 0.5	11.2 $\pm$ 0.5	55.0 $\pm$ 0.5

PROPORCIÓN DE LAS DIFERENTES PARTES
ANATÓMICAS DE LA GRANADA CHINA.



CUADRO VII.

"Color de las Diferentes Partes Anatómicas de Frutos de Granada China en Edades Diferentes".				
Edad (Semanas)	Cáscara	Albedo	Semilla	Pulpa
4	Verde aguacate con zona negra que cubre la mitad inferior del fruto.	Blanco mate	Marfil	Blanco mate
6	Verde aguacate	Blanco mate	Marfil	Verde pálido
10	Verde hoja con zonas amarillas en ápice y pedúnculo	Blanco mate	Tabaco	Verde pálido
12	Amarillo colonial	Blanco mate	Tabaco	Verde pálido
16	Canela	Blanco mate	Tabaco	Verde pálido

En las gráficas siguientes se presentan los resultados promedio de las determinaciones del patrón respiratorio efectuadas en 5 sublotos de granada china cosechados en edades diferentes. Cada sublote estuvo constituido por 7 frutos.

Además, se muestra la gráfica del patrón respiratorio de los frutos de diferentes edades después de 1 día de cosechados; observándose que esta gráfica puede ser utilizada como un índice de cosecha, ya que muestra los mg de CO_2 producidos por los frutos a diferentes edades.

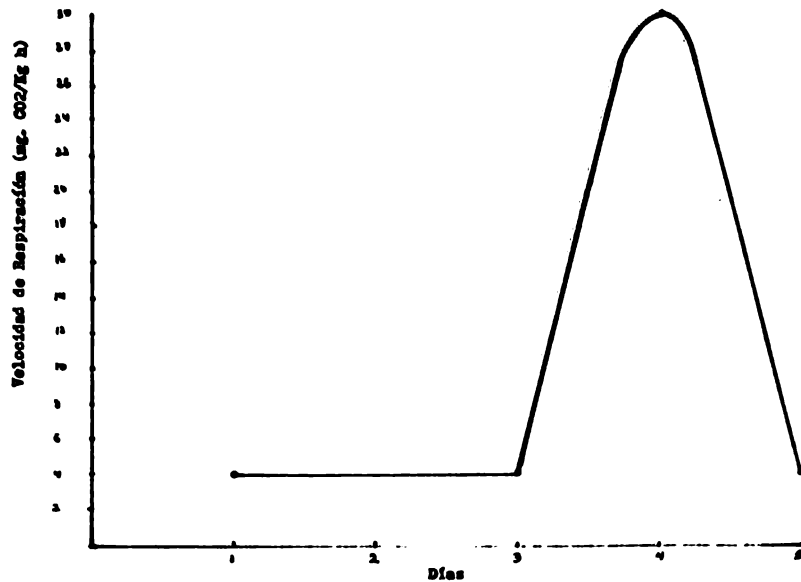
Las características principales observadas en ésta de terminación fueron las siguientes:

A excepción de los frutos de 16 semanas, todos presentan un climaterio, debido tal vez, a los procesos degradativos que se llevan a cabo. En frutos de 16 semanas de desarrollo, la velocidad de respiración disminuye gradualmente hasta llegar a un valor cercano a cero.

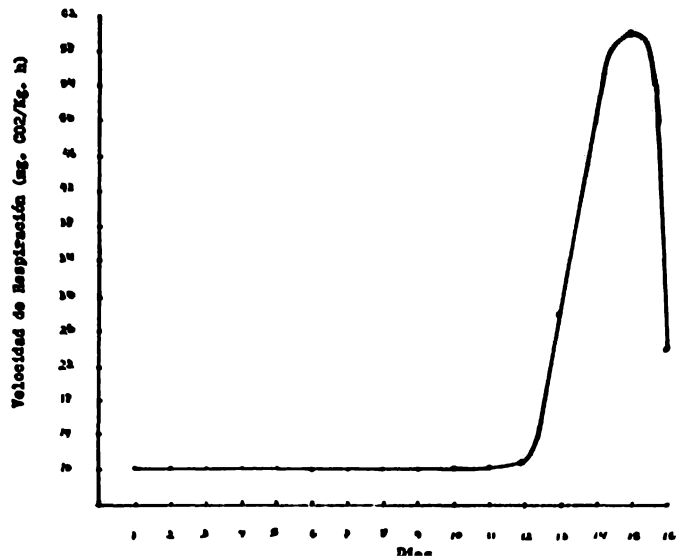
Se observó que los frutos de 10 semanas maduraron al término de la determinación del patrón respiratorio; mientras que en frutos cosechados en edades de 4 y 6 semanas no mostraron cambios en sus características.

Así mismo, se observó que el albedo se hizo esponjoso conforme avanzó la madurez.

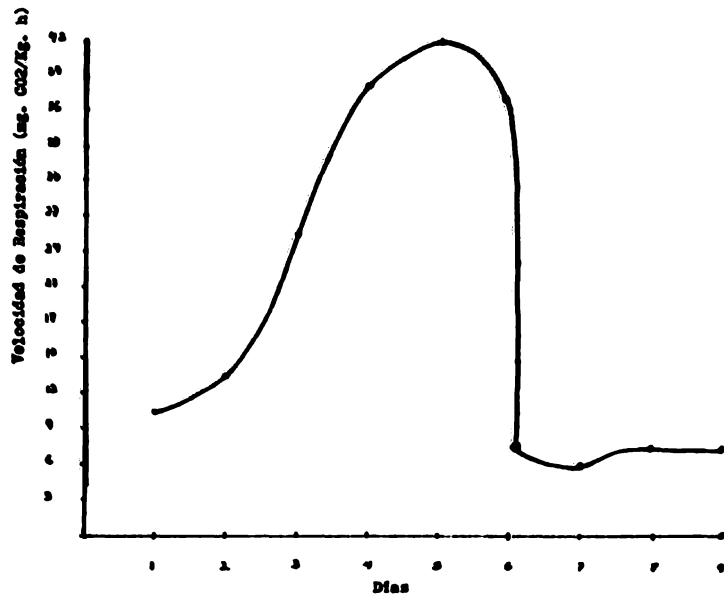
PATRON RESPIRATORIO PARA FRUTOS DE 4 SEMANAS.



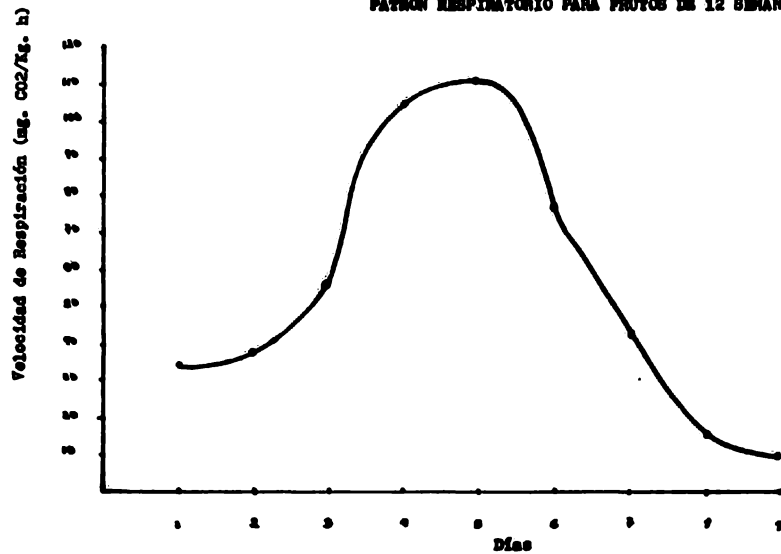
PATRON RESPIRATORIO PARA FOTOS DE 6 SEMANAS.



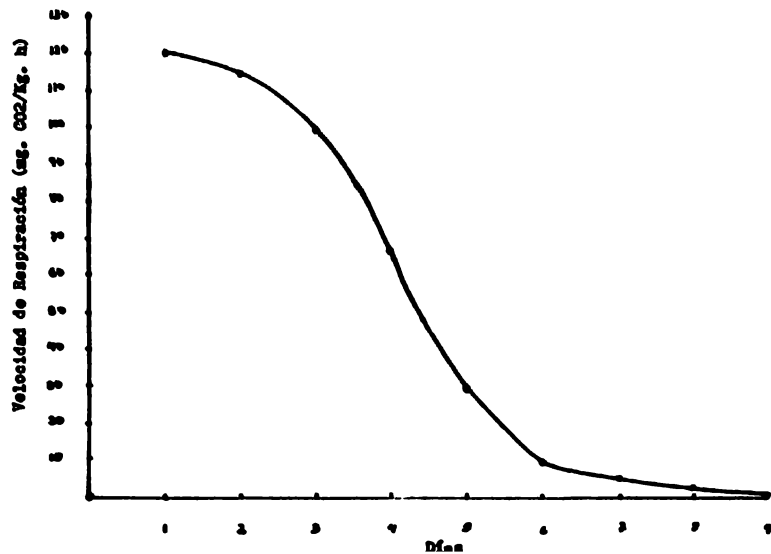
PATRON RESPIRATORIO PARA FRUTOS DE 10 SEMANAS.



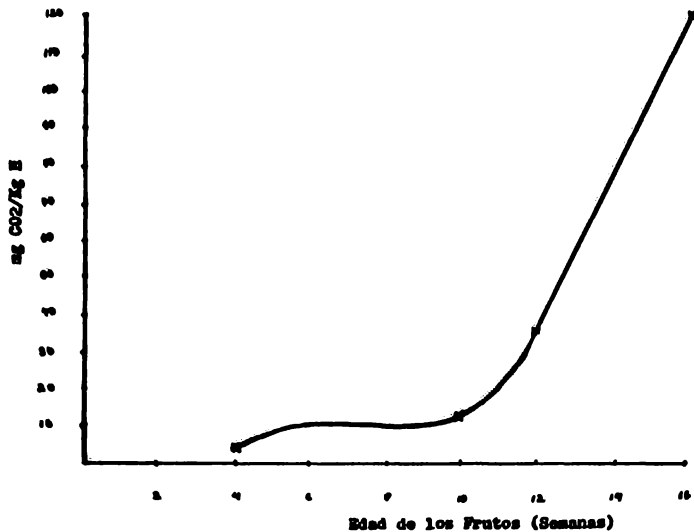
PATRON RESPIRATORIO PARA FRUTOS DE 12 SEMANAS.



PATRON RESPIRATORIO PARA FRUTOS DE 16 SEMANAS.



**Gráfica del Patrón Respiratorio de los Frutos
a diferentes Edades, después de 1 día de Cosechados.**



b). Estudio Químico.

Los resultados de las determinaciones que se presentan a continuación, son el promedio de 4 determinaciones - efectuadas a cada una de las partes anatómicas de 3 lotes de granada china constituidos por 25 frutos cada uno, a los cuáles, se les separó cáscara, albedo, semilla y pulpa, efectuándose posteriormente la molienda en un micromolino Dalton para realizar las diversas determinaciones.

En los cuadros VIII, IX, X y XI; se muestran los resultados de humedad, cenizas, proteína, grasa, fibra cruda y carbohidratos (por diferencia) para cada una de las partes anatómicas a diferentes edades, observándose que en el contenido de humedad no existe una diferencia muy notoria. Del contenido de cenizas se infiere que se incrementa conforme el fruto madura. Es importante señalar que en la semilla se observa un incremento en proteína y grasa a partir de 12 semanas de edad; de la misma manera hay un aumento ligero de carbohidratos en pulpa y albedo en la misma edad.

Del contenido de fibra cruda se advierte que permanece sin mucha variación, encontrándose en proporciones relativamente altas en semilla y cáscara.

En el cuadro XII se presentan los resultados de algunas determinaciones efectuadas en la pulpa de la granada china; observándose que el contenido de azúcares totales y el pH se incrementan conforme el fruto madura, mientras que el contenido de azúcares reductores, ácido ascórbico y ácidos titulable disminuyen.

En el cuadro XIII se muestran los resultados de algunas determinaciones efectuadas en el albedo; observándose - que el contenido de pectinas totales y solubles aumentan durante el desarrollo del fruto, mientras que el contenido de almidón disminuye.

CUADRO VIII.

"Composición Química de la Cáscara de la Grana China en Diferentes Edades (reportados en base húmeda)".						
Edad Sem.	Humedad %	Cenizas %	Proteínas %	Grasa %	Fibra Cruda %	Carbohidra- tos (por el fermento) %
10	70.6±0.25	1.1±0.4	1.3±0.7	0.1±0.1	20.5±0.5	4.2±0.25
12	70.6±0.8	1.5±0.3	1.4±0.4	0.3±0.1	20.4±0.7	5.8±0.3
16	70.5±0.2	1.9±0.1	1.3±0.7	0.2±0.1	20.3±0.9	5.8±0.6

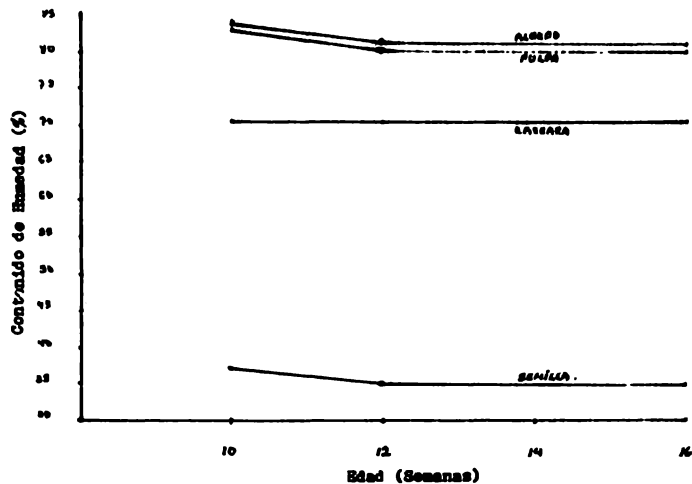
CUADRO I.

"Composición Química de la Semilla de la Gramada China en Diferentes Edades (reportados en base húmeda)".						
Edad Sem.	Humedad %	Cenizas %	Proteína %	Grasa %	Fibra Cruda %	Carbohidratos (por diferencia) %
10	37.2 $\pm$ 0.9	1.3 $\pm$ 0.7	7.7 $\pm$ 0.2	15.5 $\pm$ 0.2	31.3 $\pm$ 0.7	7.0 $\pm$ 0.9
12	35.9 $\pm$ 0.2	1.5 $\pm$ 0.2	10.2 $\pm$ 0.5	16.1 $\pm$ 0.2	31.0 $\pm$ 0.6	5.3 $\pm$ 0.3
16	35.9 $\pm$ 0.3	1.8 $\pm$ 0.4	10.5 $\pm$ 0.6	16.1 $\pm$ 0.2	31.0 $\pm$ 0.9	4.7 $\pm$ 0.8

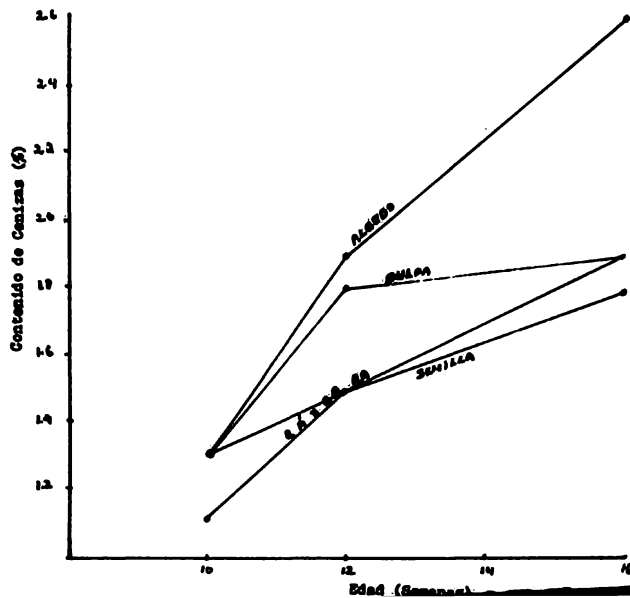
CUADRO IX

"Composición Química del Albedo de la Granada China en Diferentes Edades (reportada en base húmeda)".						
Edad Sem.	Humedad %	Cenizas %	Proteína %	Grasa %	Fibra Grasa %	Carbohidra- tos (por diferencia) %
10	84.6 $\pm$ 0.5	1.3 $\pm$ 0.7	0.3 $\pm$ 0.5	0.1 $\pm$ 0.1	2.4 $\pm$ 0.7	11.3 $\pm$ 0.5
12	81.3 $\pm$ 0.8	1.9 $\pm$ 0.4	0.4 $\pm$ 0.5	0.2 $\pm$ 0.1	2.3 $\pm$ 0.7	11.3 $\pm$ 0.4
16	81.3 $\pm$ 0.2	2.6 $\pm$ 0.4	0.4 $\pm$ 0.6	0.2 $\pm$ 0.1	2.3 $\pm$ 0.9	13.2 $\pm$ 0.3

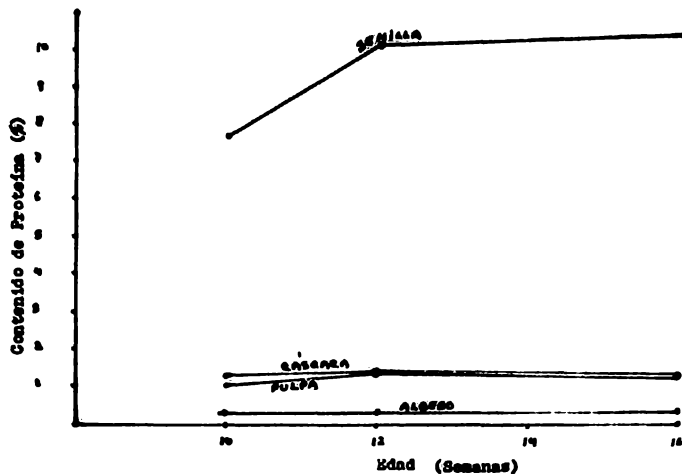
CONTENIDO DE HUMEDAD EN LAS DIFERENTES PARTES ANATOMICAS
DE LA GRANADA CHINA.



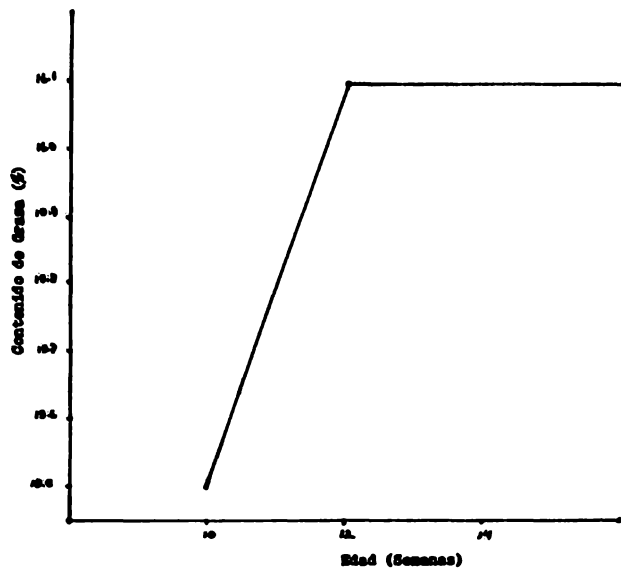
CONTENIDO DE CENIZAS EN LAS DIFERENTES PARTES ANATOMICAS
DE LA GRANADA CHINA.



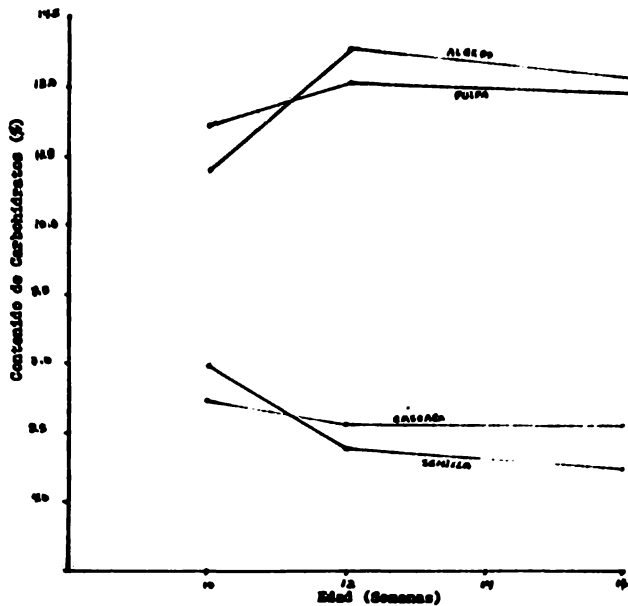
CONTENIDO DE PROTEINA EN LAS DIFERENTES PARTES ANATOMICAS
DE LA GRANADA CHINA.



CONTENIDO DE GRASA EN LA SEMILLA DE LA GRANADA CHINA.



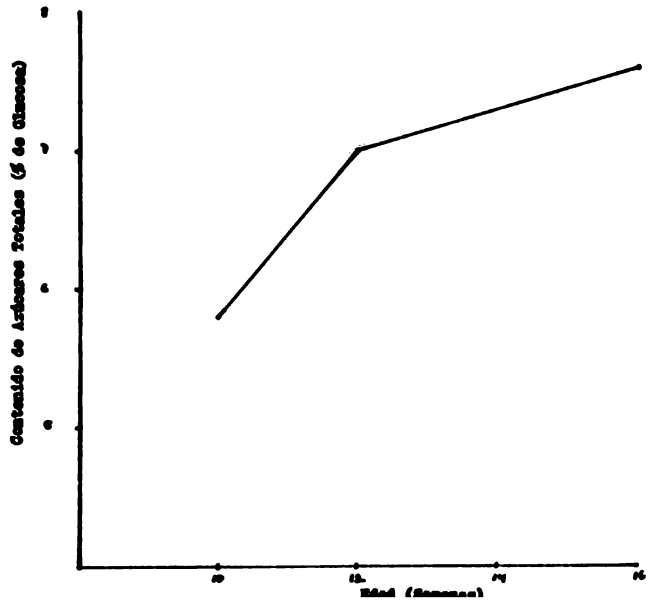
CONTENIDO DE CARBOHIDRATOS (POR DIFERENCIA) DE LAS DIFERENTES
PARTES ANATOMICAS DE LA GRANADA CHINA.



CUADRO XII.

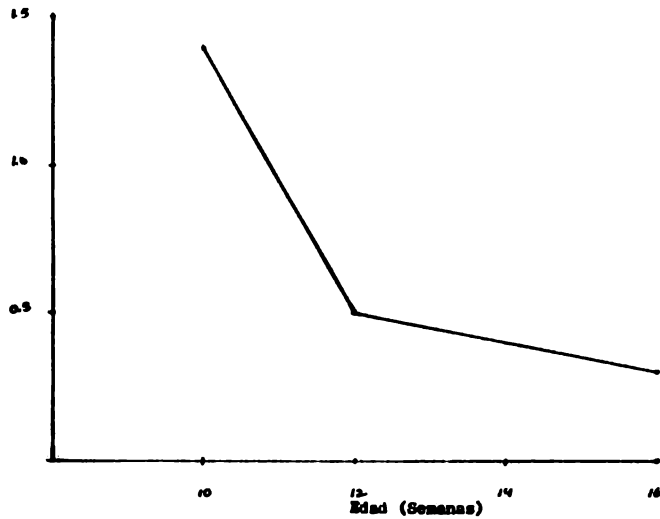
"Determinaciones Químicas Efectuadas a la Pulpa de la Gymnema China". (Reportadas en base húmeda).					
Edad (Semanas)	Azúcares Totales (% glucosa)	Azúcares Reductores (% glucosa)	pH	Ácidos Titulable (% ácido málico)	Ácido Ascór- bico (mg/100 do. ascórbico)
10	5.8 $\pm$ 0.1	1.3 $\pm$ 0.3	3.4 $\pm$ 0.1	3.5 $\pm$ 0.2	16.0 $\pm$ 0.4
12	7.0 $\pm$ 0.1	0.5 $\pm$ 0.3	4.7 $\pm$ 0.1	2.4 $\pm$ 0.3	7.6 $\pm$ 0.4
16	7.7 $\pm$ 0.1	0.3 $\pm$ 0.1	4.9 $\pm$ 0.1	2.3 $\pm$ 0.2	4.7 $\pm$ 0.3

CONTENIDO DE AZÚCAROS TOTALES EN LA PULPA.

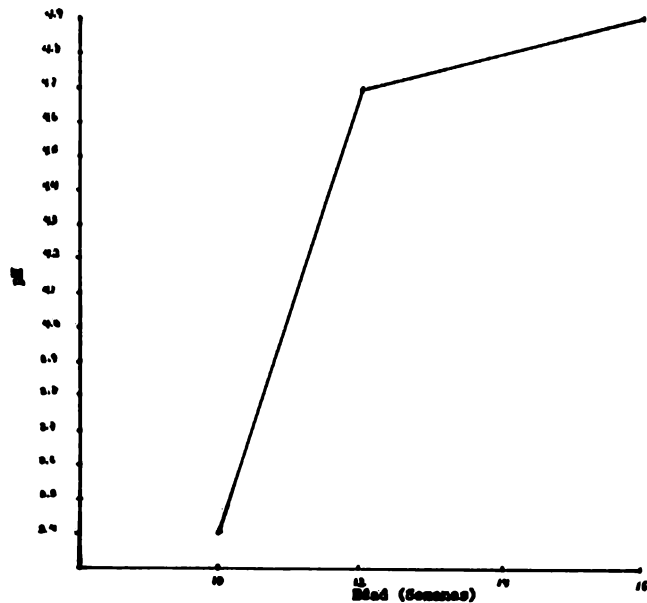


Contenido de Azúcares Reductores (% de Glucosa)

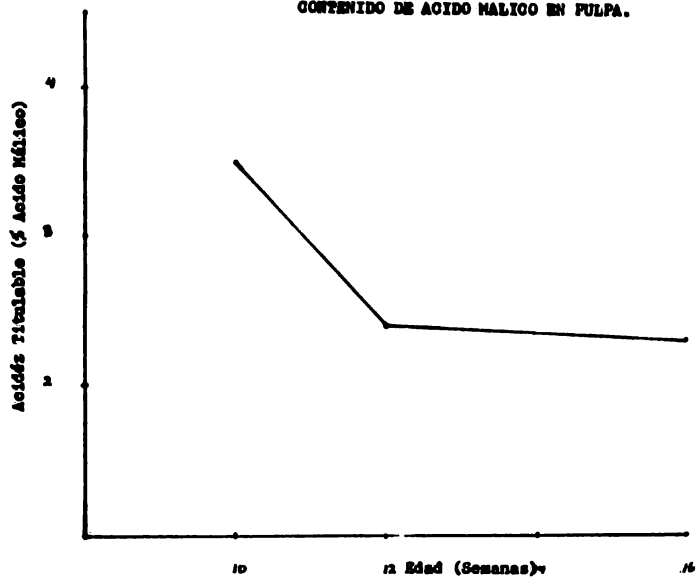
CONTENIDO DE AZÚCARES REDUCTORES EN PULPA.



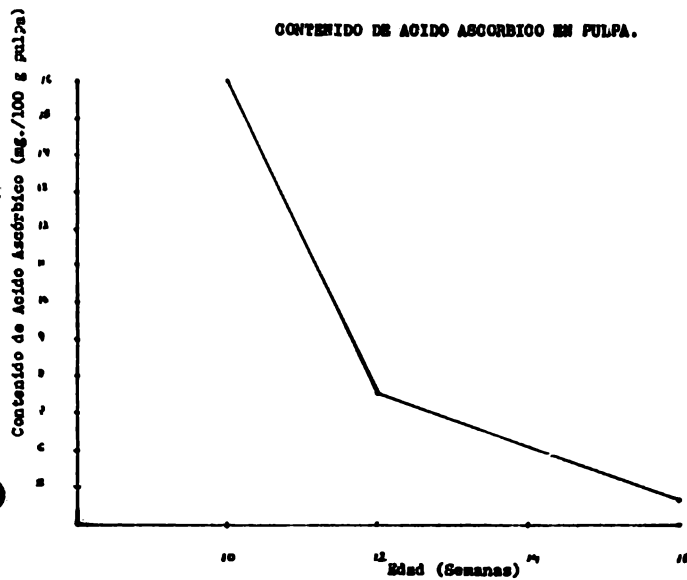
DE EN LA PULPA DE LA GRANADA CHINA.



CONTENIDO DE ACIDO MALICO EN PULPA.



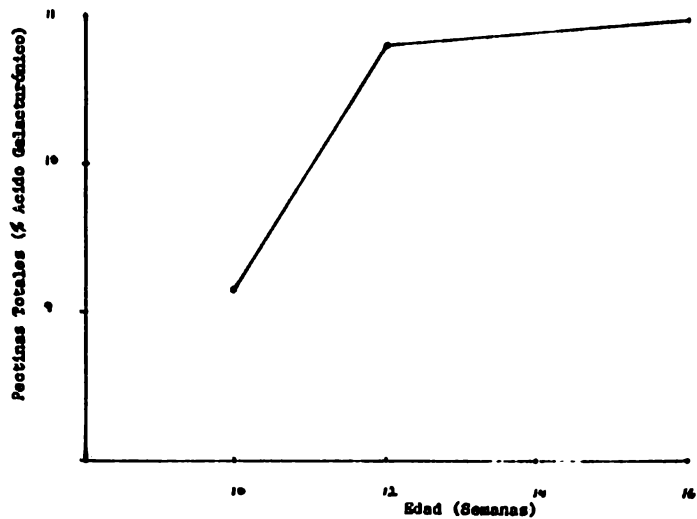
CONTENIDO DE ACIDO ASCORBICO EN PULPA.



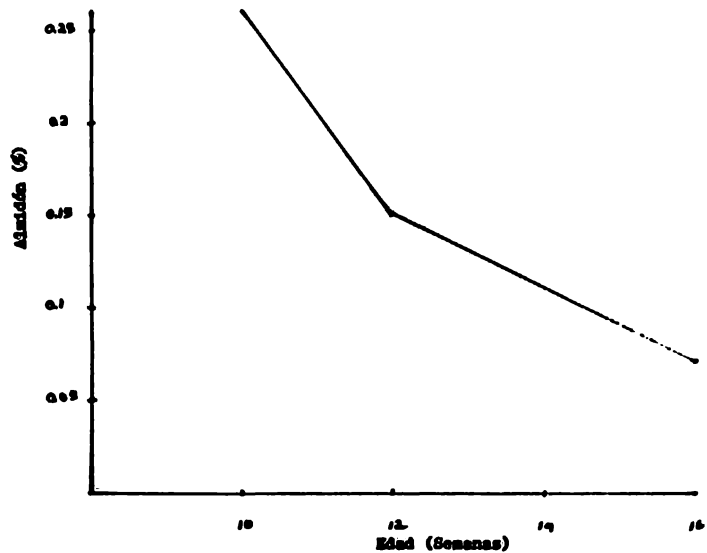
CUADRO XVI.

"Determinaciones Químicas Efectuadas al Albedo de la Granada China (reportados en base húmeda)".			
Edad Sem.	Pectinas Totales (% de ác. galacturóni- co).	Pectinas Solubles (% de ác. galacturóni- co)	Almidón %
10	9.14 $\pm$ 0.3	1.19 $\pm$ 0.5	0.264 $\pm$ 0.2
12	10.83 $\pm$ 0.5	2.53 $\pm$ 0.4	0.150 $\pm$ 0.2
16	10.90 $\pm$ 0.5	3.38 $\pm$ 0.4	0.077 $\pm$ 0.4

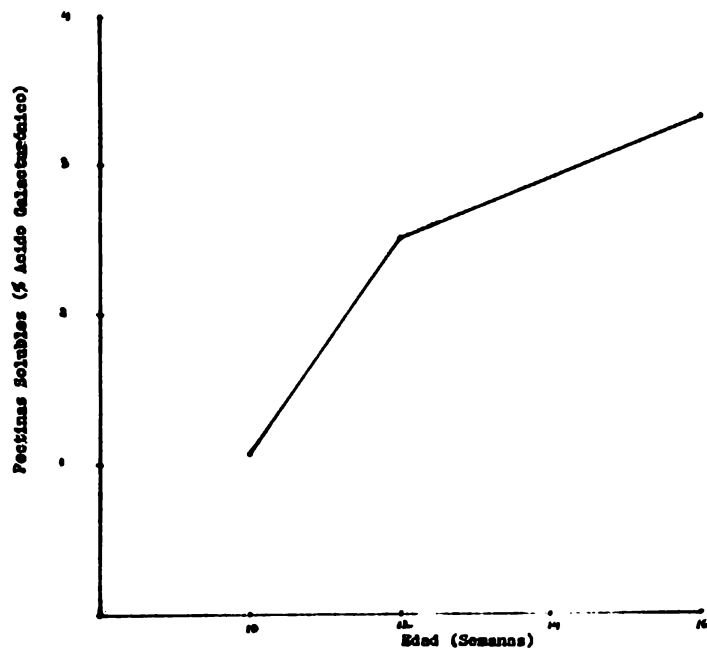
CONTENIDO DE PECTINAS TOTALES EN ALBEDO.



CONTENIDO DE ALMIDON EN ALBEDO.



CONTENIDO DE PECTINAS SOLUBLES EN ALBEDO.



D I S C U S S I O N

Para poder comprender los cambios que ocurren durante el desarrollo de la granada china, es necesario conocer la fisiología pre y post-cosecha de los frutos. Enón por la cual se revisarán éstos aspectos.

La maduración de los frutos se puede definir como una serie de cambios en color, sabor, textura y reacciones bioquímicas paralelas que hacen posible que en la fruta sea de buena calidad, además, permite realizar su procesamiento y la hace apta para su consumo.

Existen algunos parámetros que en la práctica se usan de referencia para conocer el estado de maduración fisiológica, los cuáles, son conocidos como índices de cosecha. Pa les índices pueden ser:

- a). Métodos visuales: color de la cáscara, persistencia de una parte del estilo y forma.
- b). Métodos físicos: facilidad de separación, peso es pecífico, textura.
- c). Métodos químicos: determinación de sólidos, ácidos, proporción sólidos/ácidos, contenido de almidón.
- d). Cálculos: días transcurridos desde la floración.
- e). Métodos fisiológicos: respiración.

De entre los métodos visuales, la determinación del color es una de las más usuales, ya que es un indicador del grado de madurez.

Para productos que se consumen en fresco, el color su perficial es de primordial importancia, mientras que para productos procesados, particularmente aquéllos que son pela

dos, el color interno es un atributo necesario.

Para muchas frutas, el color no es un indicador de calidad per se, pero es usualmente asociado con la madurez - del producto.

Durante el desarrollo de la granada china, existen - cambios muy notorios en cuánto a color, ya que en las primas etapas predomina el color verde, disminuyendo conforme es degradada la clorofila, sintetizándose nuevos pigmentos que le proporcionan al fruto una coloración amarilla cuando es madura.

En las partes internas del fruto, también se presentan variaciones durante el desarrollo, siendo mas notorias en - pulpa y semilla, las cuales adquieren una coloración verde pálida y tabaco en la maduración respectivamente.

La determinación de textura es un método físico comunmente empleado para conocer el estado óptimo de maduración, ya que los principales cambios que ocurren en los frutos -- después de la cosecha es la pérdida de humedad por transpiración y respiración dando como resultado la pérdida de turgencia afectándose la textura.

Muchas frutas comienzan a ablandarse a medida que los materiales pécticos son degradados perdiendo su fuerza y peder aglutinante. Conforme los frutos maduran, es usual una disminución en el grado de esterificación del grupo carboxilo en las cadenas de ácido poligalacturónico. Cuando el grado de esterificación decrece, la pared celular se adelgaza conforme la fruta madura.

En la granada china los cambios en textura en la madurán, ocasionan un ablandamiento del fruto, razón por la --

cuál, en ésta etapa es mas susceptible a ataques de microorganismos, así como a daños físicos que puedan provocar grandes mermas en su producción.

En el crecimiento de los frutos se pueden distinguir diferentes fases, dependiendo de su naturaleza. Así, se tiene que para frutos con hueso las etapas que se presentan - son:

Primera: En esta fase, existe un rápido crecimiento - del pericarpio y de la semilla, los cuales, incrementan el peso y el tamaño del fruto. En el pericarpio, es usual un período de división celular seguido por un rápido alargamiento. En esta fase, el pericarpio y la semilla llegan a su tamaño normal.

Segunda: En esta etapa se lleva a cabo la iniciación del endurecimiento del endocarpio.

Tercera: Es el período de hinchazón final, en el cual, el crecimiento en tamaño y peso vuelven a tomar cierta proporción aprovechando el período uno.

Para las bayas, las etapas que se presentan durante su desarrollo son:

Primera Fase: Se observa un pequeño incremento en el peso (tal vez para 6-12 días).

Segunda Fase: Existe un incremento exponencial en el peso.

Tercera Fase: Declinación del peso en la etapa previa a la cosecha.

La granada china por ser una baya, sigue éste mismo comportamiento en su crecimiento, ya que se observa un incremento en peso a partir de la cuarta semana, decreciendo en la etapa previa a la maduración, esto se debe tal vez, - a la pérdida de agua.

Dentro de la fisiología de los frutos, el proceso respiratorio es uno de los más complejos e importantes. Durante el período de crecimiento y maduración los frutos son altamente dependientes de la fotosíntesis, absorción de agua y de minerales efectuados por la planta. Sin embargo, una vez separados se convierten en unidades independientes, en los cuáles, los procesos respiratorios juegan un papel muy importante.

En estudios efectuados en distintas frutas se ha demostrado que algunas presentan un máximo de producción de CO_2 a cierto tiempo y temperatura, mientras que otros solamente presentan una gradual disminución de sus niveles.

Este criterio se ha utilizado para clasificar los - frutos en climatéricos y no climatéricos, según sea el patrón respiratorio que presenten, el cual, es característico para cada fruto.

El climaterio de un fruto se define como un cambio de la fase de crecimiento a la de senescencia y está caracterizado por un aumento en la producción de CO_2 y en los niveles endógenos de etileno.

Para frutos climatéricos, el aumento en la respiración ocurre al final de la fase de maduración y precede al

Los rasgos característicos del climaterio son la --
disminución en la absorción de oxígeno y el aumento en el
desprendimiento de CO₂ después de la cosecha. En el clima-
terio, la mayoría de los frutos son comestibles.

Dentro de los cambios bioquímicos que suceden duran-
te el climaterio se tienen:

1. Cambios en la permeabilidad de las membranas.
2. Alta concentración de enzimas libres.
3. Disminución en la resistencia de los tejidos.
4. Predominio de reacciones catabólicas.
5. Síntesis de nuevas enzimas que catalizan la madu-
ración.
6. Síntesis de AEM.
7. Producción de etileno.
8. Descomposición de la clorofila.
9. Hidrólisis de polisacáridos.
10. Elevación en los niveles respiratorios (mayor pro-
ducción de CO₂).
11. Incremento de la actividad mitocondrial.
12. Desacoplamiento entre la oxidación y la fosforila-
ción.
13. Aumento del coeficiente respiratorio del fruto.

Los cambios en color, textura y sabor de los frutos, -
indican que se están efectuando cambios químicos en su compo-
sición. Estas variaciones que suceden durante la maduración
ocurren en cada uno de los constituyentes químicos de los -
frutos.

Los principales constituyentes que sufren cambios durante la maduración son:

CARBOHIDRATOS.

Los azúcares ya sean libres o combinados con otros — constituyentes, son de importancia para que el fruto alcance un sabor agradable, mediante un equilibrio en la proporción ácido-azúcar, color atractivo y una textura agradable (si están combinados en forma apropiada con polisacáridos — estructurales). A medida que el fruto madura se efectúan — transformaciones metabólicas, tanto cuantitativas como cualitativas.

En el proceso de maduración de la granada china, se observa un incremento gradual de los azúcares totales en la pulpa, mientras que los azúcares reductores disminuyen. Esto se puede observar debido a que el almidón es hidrolizado por completo formándose sacarosa. El contenido de azúcares en la pulpa es de gran importancia, ya que, en base a esto y al contenido de ácidos se puede elaborar un jugo y/o un néctar.

ÁCIDOS ORGÁNICOS.

Los ácidos orgánicos no volátiles se cuentan entre los principales constituyentes celulares que sufren cambios durante la maduración de los frutos. Los principales ácidos — que se han encontrado en la fruta de la Pasión (Passiflora edulis) son: cítrico, málico y ascórbico (Pruthi, J.S. et. al. 1963).

En el mismo trabajo se reportó que los contenidos de ácido cítrico, málico y ascórbico, disminuyen en 10, 40 y 2.5 tantos respectivamente.

Durante la maduración de la granada china hay una — considerable disminución en la acidez, decreciendo del 3.5 al 2.3%.

PROTEINAS.

Algunos frutos muestran un incremento en el contenido de proteína durante su desarrollo, sucediendo lo mismo en la semilla de la granada china, debiéndose tal vez, a la biosíntesis de diferentes aminoácidos.

La semilla de la granada china es uno de los frutos que contiene un elevado porcentaje de proteína razón por la cual, podría ser usada como una fuente importante de este nutriente.

LIPIDOS.

Se ha reconocido que el contenido de lípidos en los frutos puede desempeñar un papel importante en el mantenimiento de la textura y sabor.

Los fosfolípidos se presentan en el citoplasma y en muchas unidades estructurales de tejidos vegetales, ejerciendo un efecto fisiológico más importante que los lípidos neutros en los materiales de reserva alimenticia acumulada.

La semilla de la granada china es la parte anatómica con un contenido elevado de grasa, el cual, se aumenta con

forme el fruto madura.

PIGMENTOS.

En la mayoría de los frutos, el primer signo de madurez es la desaparición del color verde (presentándose - también en la granada china) debido a la degradación que sufre la clorofila, seguido por la aparición del color amarillo, resultado de la presencia de compuestos carotenoides. El proceso bioquímico de la degradación de la clorofila, aún no ha sido puesto en claro.

Debido a la existencia de posibles pasos comunes en la síntesis de caroteno y de fitol, algunos autores han sugerido que el material liberado durante la desintegración de la clorofila pudiera ser usado para la síntesis de carotenoides.

SUSTANCIAS PÉCTICAS.

Las sustancias pécticas son depositadas en la pared celular y en la laminilla media, actuando como materiales aglutinantes. Son derivados de los ácidos poligalacturónicos y se presentan en la forma de protopectina, ácido pectínico y ácidos pécticos.

En la granada china, el total de las sustancias pécticas en el albedo aumenta en el curso de su desarrollo. A medida que madura, el contenido de pectatos y pectinatos solubles aumenta. Existen pruebas que señalan que durante la maduración de los frutos operan dos procesos sobre las sustancias pécticas.

Acortamiento de la longitud de las cadenas y desesterificación de los grupos metilicos del polímero. En la granada china, el acortamiento de las cadenas de las sustancias pecticas se indica por una disminución en la textura a medida que avanza la madurez.

PRODUCTOS VOLATILES.

Los aromas específicos de los frutos en maduración son emanados hacia el exterior. Los principales compuestos identificados son ésteres o alcoholes alifáticos y ácidos grasos de cadena corta.

Estos compuestos son emitidos en cantidades notorias solo cuando empieza la maduración.

Lo anterior sucede en la granada china, en la cuñi, - en las etapas próximas a su madurez se presenta un desprendimiento de aroma fenólico (comprobado por pruebas organolépticas).

C O N C L U S I O N S .

1. Los principales cambios que se presentan durante el desarrollo de la granada china son: peso, textura, color y proporción de partes anatómicas. Presentándose, además, un incremento en el contenido de proteínas y grasa en semilla; de pectinas totales y solubles en albedo; y de azúcares totales, ácido ascórbico y pH en pulpa. Aunado con un decremento en el contenido de almidón en albedo y de azúcares reductores, ácido ascórbico y acidez titulable en pulpa.

2. El presente trabajo es de gran utilidad, pues se dan las bases acerca de la composición y comportamiento de la granada china conforme avanza su desarrollo y madurez.

Es importante hacer notar que la granada china puede ser usada potencialmente a nivel industrial, pues algunos de sus constituyentes se encuentran en proporciones elevadas tales como: pectina, grasa, azúcares y ácidos orgánicos, los cuales, pueden ser aprovechados para elaborar diversos productos.

Para su posible industrialización se recomiendan las siguientes edades:

a). Para la extracción de pectinas a partir del albedo 10 semanas, edad en la cual, su contenido es elevado pero no máximo.

b). Para la elaboración de jugos 10 semanas, ya que el contenido de azúcares y ácidos orgánicos es elevado, además, el rendimiento de la pulpa es alto.

c). Para la extracción de aceites 10 semanas.

d). Edad óptima para consumo en fresco 12 semanas.

e). Edad óptima de cosecha que permita su manejo y al

macenamiento 10 semanas.

f). Edad mínima de cosecha en la cual, el fruto madura fuera del árbol 10 semanas.

Aunque a las 16 semanas el contenido de los constituyentes citados es máximo, no se recomienda esa edad para su industrialización ya que la textura es blanda pudiendo dificultarse la separación de las partes anatómicas y por consiguiente su extracción.

3. El estado de madurez fisiológica se presenta a las 10 semanas, mostrando las siguientes características:

Color del fruto: verde hoja con zonas amarillas en --ápice y pedúnculo.

Textura: 4.9 Kg/cm².

Relación L/D: 1.22.

Volumen: 34 cm³.

Relación ácidos/azúcares 0.60.

Coefficiente respiratorio después de un día de cosechados los frutos 20 mg CO₂/Kg H.

4. Las características que presenta el fruto cuando es consumido en fresco son:

Color: amarillo colonial.

Textura: 3.2 Kg/cm².

Relación L/D: 1.1

Volumen: 35 cm³.

Relación ácidos/azúcares: 0.35.

Coefficiente respiratorio después de un día de cosechados los frutos: 35 mg CO₂/Kg H.

5. La gualada china presenta un patrón respiratorio climático, razón por la cual, es capaz de madurar fuera del árbol en edades cercanas a su madurez.

6. Como una medida sencilla para determinar el índice de cosecha, se puede considerar el color. Pero en virtud de que es muy subjetivo y se ve afectado por factores ambientales y de prácticas culturales, es necesario tomar en consideración otros atributos como son: textura, relación L/D, volumen, relación ácidos/azúcares y coeficiente respiratorio de los frutos después de un día de cosechados.

El uso de estos atributos asegura un índice de cosecha adecuado.

7. Las limitaciones del presente trabajo fueron:

No contar con edades suficientes (específicamente — frutos de 8 y 14 semanas.

Variaciones en las características físicas y químicas de los frutos debidas a las condiciones de la huerta.

Idiosincrasia del agricultor.

8. Para estudios posteriores se debe considerar la falta de cooperación del agricultor, ya que dificulta la investigación.

9. Se recomiendan estudios posteriores en cuanto a la extracción y caracterización de pectinas y aceites para darles un uso adecuado.



R E S U M E .

La materia prima utilizada en el presente trabajo, se obtuvo de la zona productora de Buenavista, Estado de México, siendo cosechada en 5 edades diferentes para realizar el estudio de los cambios fisiológicos y químicos que se presentan durante el desarrollo y la maduración de la granada china.

Las edades de los frutos estudiados fueron: 4, 6, 10, 12 y 16 semanas de edad. Las determinaciones fisiológicas que se realizaron para cada una de las edades fueron:

Velocidad de respiración; peso; porcentaje de las diferentes partes anatómicas; textura; densidad; relación L/D y características visuales.

Las determinaciones químicas efectuadas a los frutos en diferentes edades fueron: para cáscara y semilla: humedad, cenizas, proteína, grasa, fibra cruda y carbohidratos (por diferencia); para albedo: humedad, cenizas, proteína, grasa, fibra cruda, carbohidratos (por diferencia), pectinas totales, solubles y almidón; para pulpa: humedad, cenizas, proteína, grasa, fibra cruda, carbohidratos (por diferencia), pH, ácidos titulable, ácido ascórbico, azúcares totales y reductores.

Los cambios más notorios que se presentaron durante el desarrollo fueron: incremento en proteína y grasa en semilla; pH, azúcares totales en pulpa; pectinas totales y solubles en albedo. Decremento en almidón en albedo; azúcares reductores, ácido ascórbico y ácido málico en pulpa.

Como índices de cosecha se recomiendan:

Color, verde hoja con zonas amarillas en ápice y pedúnculo.

Volumen, 34 cm³.

Textura, 4.9 Kg/cm².

Relación L/D, 1.22.

Relación ácidos/azúcares, 0.60.

Patrón respiratorio después de un día de cosechados -
los frutos, 20 mg CO₂/Kg H.

Edad en que alcanza su madurez fisiológica 10 semanas.

Edad óptima para su consumo en fresco 12 semanas.

Edad mínima de cosecha 10 semanas.

Edad óptima para extracción de pectinas del albedo 10
semanas.

Edad óptima para extracción de aceites a partir de la
semilla 10 semanas.

Edad óptima para elaborar jugos y/o néctares 10 ~~sema-~~
nas.

Edad óptima de cosecha que permita su manejo y almace-
namiento 10 semanas.

En el cuadro XIV se presenta un resumen de las princi-
pales características del fruto entero, así como de sus ---
principales constituyentes químicos.

El fruto presenta un patrón de respiración climatéri-
co. Los resultados obtenidos demuestran que la granada chi-
na contiene cantidades considerables de pectinas, azúcares
y grasa por lo que se sugieren estudios posteriores para su
aprovechamiento.

CUADRO XIV

"Principales Características del Fruto Entero, así como de sus Constituyentes Químicos en las Diferentes Partes Anatómicas".									
Edad Sem.	Fruto Entero		Parte Anatómica						Pulpa
	Color	ρ	Forma	Albedo Fest. %	M.P. %	C.P. %	F.P. %	Grasa %	Azúcar %
4	a	2.3		-	-	-	-	-	-
6	b	3.0		-	-	-	-	-	-
10	c	3.1		9.14	84.6	15.5	7.7	3.5	5.8
12	d	2.4		10.83	81.3	16.1	10.2	2.4	7.0
16	e	2.3		10.90	81.3	16.1	10.5	2.3	7.7

a= Verde Aguacate con zona negra que cubre la mitad inferior.

b= Verde Aguacate.

c= Verde Rojo con zonas amarillas en ápice y pedúnculo.

d= Amarillo Colonial.

e= Canela.

ρ= Densidad (g/cm³).

H= Humedad.

G= Grasa.

P= Proteína.

-= No se Efectuó.

CUADRO XIV

"Principales Características del Fruto Entero, así como de sus Constituyentes Químicos en las Diferentes Partes Anatómicas".									
Edad Sem.	Fruto		Entero	PARTE ANATÓMICA					
	Color	Q		Albedo		Semilla		Pulpa	
			Forma	Feet. %	H.%	G.%	P.%	Acidez %	Alcalí %
4	a	2.3		-	-	-	-	-	-
6	b	3.0		-	-	-	-	-	-
10	c	3.1		9.14	84.6	15.5	7.7	3.5	5.8
12	d	2.4		10.83	81.3	16.1	10.2	2.4	7.0
16	e	2.3		10.90	81.3	16.1	10.5	2.3	7.7

a= Verde Aguacate con zona negra que cubre la mitad inferior.

b= Verde Aguacate.

c= Verde Rojo con zonas amarillas en ápice y pedúnculo.

d= Amarillo Colonial.

e= Canela.

{= Densidad (g/cm³).

H= Humedad.

G= Grasa.

P= Proteína.

-= No se efectuó.

B I B L I O G R A F I A .

1. **Advances in Foods Research Vol 12**
Physiology, chemistry, and technology of
Passion Fruit.
pág. 203-274
Academic Press.
London (1963)
2. **The Association of Official Analytical Chemists**
(A.O.A.C.)
Thirteenth Ed.
pág. 211,359,361,369,506
Washington, D.C. (1980)
3. **Brandão, J.A.**
Introdução à Taxonomia Vegetal.
pág. 396-400
3era. Ed.
Companhia Editora Nacional.
Sao Paulo (1966)
4. **Esau, K.**
Anatomia Vegetal.
pág. 17-80
2a. Edição
Ediciones Omega.
Barcelona (1972)
5. **Francis, B.J.** Comercial pectin: a Review
Tropical Products Institute.
págs. 25-42
London (1976)
6. **Heard, R.F.**
Symposium: Postharvest biology and handling of
fruits and vegetables
pág. 1-118
The Avi Publishing Co.
Westport, Connecticut (1975).

7. Hulme, A.C.
The Biochemistry of fruits and their products.
Vol. 1
pág. 1-264
Academic Press
London (1970)
8. Joslyn, F.A.
Methods in Food Analysis.
pág. 475-509
2nd. Edition.
Academic Press
New York (1970)
9. Lakshminarayana, S.
A modified continuous gas stream method for measuring
rates of respiration in fruits and vegetables.
Laboratory Practice.
Mysore, India. 709-710 (1974)
10. Varines, Y.
Plantes utiles de la flore mexicaine.
pág. 270-1
Ed. Botas.
México (1955)
11. McCready, T.W.
Extraction and determination of total pectic
materials in fruit.
Anal. Chem. 24 (12). 1956-1986 (1952)
12. Pontásitico, B.E.
Fisiología de la Post-recolección, manejo y utiliza-
ción de frutas y hortalizas tropicales y subtro-
picales.
pág. 17-261
1era. Edición. Ed. C.S.C.S.A.
México (1970)

13. Presalev, R.
Development of polygalacturonase activity and
solubilization of pectins in peaches during
ripening.
J. Food. Science 36 , 1070-1073 (1971)
14. Reiché, C.
Flora excursoria en el Valle Central de México.
pág. 161.
Edit. Politécnica.
México (1963)
15. Sakai T., and Okushima K.
Microbial production of pectin from citrus peel.
Applied and Environmental Microbiology.
39 (4). 902 (1980).