

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

OBTENCION Y CONSERVACION DE PULPA DE
GUAYABA (PSIDIUM GUAJAVA L) PROVENIENTE
TE DE VARIEDADES CRIOLLAS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :

QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

P R E S E N T A :

LETICIA MA. DEL SOCORRO RUIZ GALICIA

México, D.F.

1983



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

Indice de Materias

INTRODUCCION	1
OBJETIVOS	4
GENERALIDADES	5
Descripción botánica	10
Ecología del cultivo	11
Caracterización del fruto	12
Usos	17
Obtención de la pulpa	18
Generalidades sobre conservación de alimentos	22
Remoción de la humedad	24
Tratamientos térmicos	27
Tratamientos a bajas temperaturas	33
Control de la acidez	36
Adición de aditivos químicos	37
Irradiación	39
Efecto del procesamiento sobre el valor nutricional de los alimentos	41
Mecanismos de transferencia de calor	43
Conducción	44
Convección	45
Radiación	46
Mecanismos de inactivación microbiana por calor	48
Cinética de inactivación microbiana	49
Teoría de Arrhenius	54
Curvas de degradación térmica	56

Relación entre Energía de activación de Arrhenius y z	58
Importancia de los parámetros cinéticos	59
METODOLOGIA	68
Análisis de materia prima	69
% de Acidez total titulable	69
% de Sólidos solubles	70
% de Azúcares reductores directos	70
% de Azúcares reductores totales	71
Contenido de ácido ascórbico	71
Evolución de las características químicas durante el alma- cenamiento	72
Obtención de la pulpa	73
Análisis de la pulpa	75
Tratamientos de conservación	75
Congelación	76
Sulfitación	76
Pasteurización	77
Esterilización	78
Concentración	82
Análisis estadístico del comportamiento del ácido ascórbico durante el almacenamiento	85
Determinación de los parámetros cinéticos	88
Procedimiento del estado inestable.....	89
Acido ascórbico	91
Color	91
Consistencia	96

CUADROS

Cuadro I	Superficie cosechada en números absolutos y producción considerando un rendimiento por hectárea de - 10.571 toneladas por entidad federativa.....	7
Cuadro II	Principales municipios productores de guayaba	8
Cuadro III	Estimaciones de producción para 1982	9
Cuadro IV	Composición promedio de la guayaba	12
Cuadro V	Efecto del estado de madurez de la fruta en el contenido de Vitamina "C"	14
Cuadro VI	Efecto de la época de maduración en los componentes de la guayaba	15
Cuadro VII	Efecto del almacenamiento en la composición de la guayaba	16
Cuadro VIII	Efecto de la velocidad de rotación en el rendimiento de pulpa	20
Cuadro IX	Análisis químico de las células pétreas	20
Cuadro X	Efecto del tipo de escaldado en la retención de ácido ascórbico	28
Cuadro XI	Efecto del proceso en el contenido de ácido ascórbico en pulpa de guayaba	33
Cuadro XII	Efecto de diferentes factores en la estabilidad de componentes nutricionales	42
Cuadro XIII	Termoresistencia en varios componentes de los alimentos asociados con el procesamiento térmico	60
Cuadro XIV	Análisis químico en materia prima (septiembre).....	97
Cuadro XV	Análisis físico en materia prima (septiembre)	98
Cuadro XVI	Análisis químico en materia prima (noviembre)	99

RESULTADOS.....	97
Análisis de Materia Prima	97
Evolución de las características químicas durante el almacenamiento	102
Análisis en Pulpa	105
Tratamientos de Conservación	107
Congelación	107
Sulfitación	112
Pasteurización	116
Esterilización	122
Concentración	138
Análisis Estadístico del comportamiento del ácido ascórbico durante el almacenamiento	148
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	157
BIBLIOGRAFIA	163

FIGURAS

Figura 1	Curva de sobrevivientes	52
Figura 2	Curva para determinar la energía de activación de Arrhenius	55
Figura 3	Curvas de destrucción térmica	57
Figura 4	Retención de nutrientes	
Figura 5	Equipo utilizado para la esterilización de pulpa de guayaba	79
Figura 6	Curva semilogarítmica de calentamiento	81
Figura 7	Equipo utilizado para la concentración de pulpa de guayaba	83
Figura 7A	Diagrama de cromaticidad	95
Figura 8	Evolución de las características químicas durante el almacenamiento	103
Figura 9	Evolución de las características químicas en pulpa de guayaba congelada sin aditivo	110
Figura 10	Evolución de las características químicas en pulpa de guayaba escaldada y congelada	111
Figura 11	Evolución de las características químicas en pulpa de guayaba adicionada de 1 500 ppm SO ₂	113
Figura 12	Evolución de las características químicas en pulpa de guayaba adicionada de 2 000 ppm SO ₂	114
Figura 13	Evolución de las características químicas en pulpa de guayaba pasteurizada adicionada de 2 000 ppm SO ₂	118
Figura 14	Evolución de las características químicas en pulpa de guayaba pasteurizada y refrigerada	120
Figura 15	Evolución de las características químicas en pulpa de guayaba pasteurizada y congelada	121

Figura 16	Curva de penetración de calor para pulpa de guayaba en una lata 303 x 406 y movimiento-rotatorio	123
Figura 17	Curva semilogarítmica de calentamiento para pulpa de guayaba en una lata de 303 x 406 - movimiento rotatorio	124
Figura 18	Calculo del valor "z" para la Vitamina "C"	130
Figura 19	Calculo del valor "z" para el color	131
Figura 20	Calculo del valor "z" para la consistencia	132
Figura 21	Calculo del valor de la energía de activación de Arrhenius para la Vitamina "C"	133
Figura 22	Calculo del valor de la energía de activación de Arrhenius para el color	134
Figura 23	Calculo del valor de la energía de activación de Arrhenius para la consistencia	135
Figura 24	Evolución de las características químicas en - pulpa de guayaba esterilizada	137
Figura 25	% Sólidos solubles vs Tiempo de almacenamiento	142
Figura 26	% Acidez Total titulable vs Tiempo de almacenam <u>en</u> to	143
Figura 27	% Reductores directos vs Tiempo de almacenamiento	144
Figura 28	% Reductores Totales vs Tiempo de almacenamiento	145
Figura 29	mg de ácido ascórbico /100g vs Tiempo de almace namiento	146
Figura 30	Contenido de SO ₂ vs Tiempo de almacenamiento	147

INTRODUCCION

La guayaba (Psidium guajava L.) es originaria de América tropical; en la República Mexicana se produce en la mayoría de los estados, ya que es capaz de adaptarse a muy variadas condiciones ecológicas; tal vez por esta razón se le ha abandonado a su suerte. (Muñoz S.G. 1975).

Las principales zonas productoras de guayaba se localizan en los estados de Aguascalientes, Oaxaca, Zacatecas y Guerrero, aportando a la producción total nacional 45.22%, 9.12%, 7.54% y 6.51% respectivamente. Se estima que aproximadamente el 30% de la producción se destina a procesamiento, consumiéndose el restante 70% en estado fresco. (CONAFRUT 1978).

Aquellos frutos sin una variedad definida, pequeños, ácidos y con un elevado contenido de semillas y células pétreas se denominan criollos; debido a las características ya mencionadas se consideran de inferior calidad y tienen poca aceptación. No obstante, algunos tipos presentan un elevado contenido de ácido ascórbico (hasta de 700 mg/100 g OEA 1976). Este hecho aunado a que la guayaba presenta agradables características sensoriales, han sido los más importantes para considerar en el presente estudio su aprovechamiento industrial en la obtención de un semielaborado, producto de gran aceptación en la industria de néctares, jugos y refrescos principalmente.

Cabe señalar, y el semielaborado de guayaba no escapa a ello, que cualquier tratamiento al que se someta un alimento con el fin de alargar su vida útil, indiscutiblemente tendrá efectos negativos sobre sus nutrientes; no obstante, es necesario procesar para disminuir las pérdidas por descomposición debidas principalmente al crecimiento microbiano, a la acción enzimática y a los cambios químicos que se ven favorecidos por los altos valores de actividad de agua (a_w) que se tienen en los alimentos; y además para asegurar el abastecimiento de estos en cualquier época del año.

Las exigencias cada vez mayores, tanto legislativas, como por parte de los consumidores sobre el valor nutricional, retención máxima de la calidad, ausencia de conservadores; aunado al hecho de que día con día se procesan más frutas y vegetales, han obligado a los investigadores en el área alimentaria y a procesadores a investigar más profundamente la pérdida de nutrientes y factores de calidad en un proceso dado y su posible optimización.

Para lograr lo anterior se requiere el investigar la cinética de los fenómenos de degradación de los componentes nutricionales y sensoriales. No se cuenta con muchos datos al respecto, y los resultados existentes se refieren en su mayoría a valores obtenidos con sistemas modelo, valores que en ocasiones no son extrapolables a condiciones reales; se requiere por tanto, llevar a cabo estudios específicos para cada producto. (Rodrigo et al 1980).

El conocimiento de los parámetros cinéticos que caracterizan la degradación de componentes nutricionales y sensoriales resultan útiles para:

- Mejorar la calidad de un producto; al reducir la pérdida de factores nutricionales y sensoriales dentro de un proceso ya existente. (Teixeira et al 1969, Lund 1973).
- Desarrollar nuevos productos empleando nuevas técnicas de proceso y empaque.
- Predecir vida útil de un producto durante su almacenamiento. (Wanninger 1972, Singh y Heldman 1976, Lee et al 1977).

La realización del presente estudio fué con el fin de conocer la magnitud en el cambio de las características químicas de la pulpa de guayaba, en especial ácido ascórbico; sometida a los tratamientos más comunes de conservación: congelación, pasteurización, esterilización, concentración y sulfitación, a lo largo de su almacenamiento.

Se determinaron también los parámetros cinéticos que caracterizan la degradación térmica de ácido ascórbico, color y consistencia en la pulpa de guayaba.

OBJETIVOS

Se plantea como objetivo general de este estudio:

- Poner de manifiesto el potencial industrial de la guayaba criolla, sobre todo por constituir una interesante fuente de ácido ascórbico.

Siendo los objetivos específicos:

- Aplicar la pulpa de guayaba a los siguientes tratamientos: congelación, pasteurización, esterilización, concentración y sulfitación.
- Determinar por medio de un análisis comparativo de las características fisicoquímicas de la pulpa a lo largo de su período de almacenamiento, cual de los tratamientos aplicados resulta en una mayor retención de ácido ascórbico.
- Determinar el valor de los parámetros cinéticos que caracterizan la degradación de ácido ascórbico, color y consistencia de la pulpa de guayaba a fin de conocer las posibilidades de optimización de los procesos térmicos a los que se somete.

GENERALIDADES

La guayaba (Psidium guajava L.) pertenece a la familia de las-Myrtáceas, que cuenta con sesenta géneros y poco más de dos mil especies con un elevado número de formas y variedades.

Pocos son los géneros pertenecientes a esta familia productores de frutos comestibles, entre ellos se encuentran: Eugenia, Myrciaria, Syzygium, Feijoa, Britoa, Marlierea, Psidiopsis y Psidium, considerado este último como el más valioso y al cual pertenece la guayaba.

REINO	Vegetal
SUBREINO	Fanerógamas
TIPO	Angiospermas
CLASE	Dicotiledóneas
ORDEN	Myrteas
FAMILIA	Myrtaceae
GENERO	Psidium
ESPECIE	Guajava

La guayaba se cultiva en veintisiete estados de la República -- Mexicana. En 1976 se cultivaron 12 605 hectáreas y se tuvo una producción total de 133 245 toneladas, siendo el rendimiento promedio - por hectárea de 10.571 toneladas. (CONAFRUT 1978).

En el Cuadro I se muestra la superficie cosechada y producción de guayaba por estados para 1976, observándose en este que el estado de Aguascalientes es el más importante en cuanto a superficie destinada a este cultivo y volúmen de producción del mismo.

Enseguida en el Cuadro II se mencionan los principales municipios productores, dentro de los estados de mayor producción de este fruto.

Como ya se había mencionado, en el año de 1976 el rendimiento - por hectárea cultivada con guayaba fué de 10.571 toneladas, por lo - que resulta importante señalar que las técnicas de cultivo adecuadas son de suma importancia, ya que con el empleo de estas es posible -- llegar a obtener rendimientos hasta de 20 toneladas por hectárea.

En el Cuadro III se pueden observar las cifras estimadas de producción de guayaba para 1982, que son de 188 373 toneladas; cabe señalar que de implementarse la tecnología adecuada y de cultivarse la misma superficie que en el año de 1976 se podrían satisfacer las necesidades de producción estimadas para 1982 y aún quedar un excedente.

CUADRO I

Superficie cosechada en números absolutos y producción considerando un rendimiento por hectárea de 10.571 toneladas por entidad federativa.

Entidad Federativa	Superficie cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Volúmen de producción relativo (%)
Aguascalientes	5 700	60 254	45.22
B. C. Sur	33	349	0.26
Campeche	76	804	0.60
Colima	42	444	0.33
Chiapas	80	846	0.63
Chihuahua	246	2 790	2.10
Durango	250	2 643	1.98
Guanajuato	140	1 480	1.11
Guerrero	820	8 668	6.51
Hidalgo	250	2 643	1.98
Jalisco	460	4 862	3.65
México	370	3 912	2.94
Michoacán	500	5 285	3.97
Morelos	232	2 453	1.84
Nayarit	155	1 693	1.23
Nuevo León	4	42	0.03
Oaxaca	1 150	12 156	9.12
Puebla	430	4 545	3.41
Querétaro	15	159	0.12
S. L. Potosí	20	212	0.16
Sinaloa	43	454	0.34
Sonora	50	529	0.40
Tabasco	150	1 585	1.19
Tamaulipas	14	148	0.11
Veracruz	229	2 420	1.80
Yucatán	180	1 902	1.43
Zacatecas	950	10 042	7.54

Fuente: CONAFRUT 1978

CUADRO II
Principales Municipios productores de guayaba

Entidad Federativa	Municipio
Aguascalientes	Calvillo
Oaxaca	San José Tenango, Sta. Ma. Ipala, -- Sto. Domingo, Juchitán de Zaragoza.
Zacatecas	Jalpa, Juchipila, Apozol, Valparaíso, Nochistlán de Mejía.
Guerrero	Tecoanapa, Ometepec, Florencio Villa rreal, Chilpancingo, San Marcos Tlal- chapa-
Jalisco	Mascota, Pihuamo, Tlapa de Allende,- Tamazula de Gordiano, Jilotlán de Do- lores, Purificación.

Fuente: CONAFRUT 1968

CUADRO III

Estimaciones de producción para 1982

Concepto	Toneladas
Proyecciones de Producción	128 795
Necesidades de Producción	188 376
Necesidades Nacionales de Consumo Interno Aparente	177 073
Merma por fruta no Comercializada	11 303
Déficit	59 581
Producción Esperada por Rehabilitación	2 856
Producción Esperada de Nuevas Plantaciones	8 109

Fuente : CONAFRUT 1978

Descripción botánica.

La guayaba es originaria de América tropical continental, se le encuentra prácticamente silvestre en Centro, Sudamérica y gran parte de México.

Era conocida por los aztecas que la llamaban "xalxocotl" o ciruela de arenas.

Se le considera uno de los frutos tropicales más valiosos de la familia de las Myrtáceas, entre otras cosas por su elevado contenido de ácido ascórbico (que en ocasiones sobrepasa los 700 mg por 100 gramos de pulpa), carbohidratos, sales minerales (Ca y P) y sus agradables características sensoriales. (Asenjo et al 1968).

El guayabo es una planta perenne arbórea que puede medir hasta nueve metros de altura y con un tronco hasta de treinta centímetros de ancho; sin embargo es más frecuentemente encontrado en tallas más pequeñas y formando asociaciones denominadas guayabales. Las ramas tienen terminales verdes tetrágonas y ligeramente pubescentes; sus hojas miden de 7.5 a 15 centímetros de largo, son algo coriáceas oblongas, elípticas y dispuestas en pares semialternos. Las flores son blancas, de 2 a 3 centímetros de ancho, con un receptáculo en forma de urna, un ovario coronado por un cáliz de varios lóbulos, cuatro pétalos y numerosos estambres; las flores pueden encontrarse solas o agrupadas.

Ecología del cultivo.

El guayabo tiene gran capacidad de adaptación a diferentes climas aunque su origen es tropical. Su área ecológica se localiza en las áreas cercanas al ecuador, sin ir más allá del paralelo 30° de cada hemisferio. Soporta altas temperaturas, siéndole adversas las bajas temperaturas, puede ser cultivada aún a una altura de 1 500 m sobre el nivel del mar; requiere una precipitación pluvial anual entre 1 000 y 3 700 mm, la humedad ambiente elevada no le es desfavorable, a comparación de una humedad baja; los vientos fuertes le son perjudiciales ya que la fruta se torna reseca; es poco exigente para el suelo, pero cuando la planta proviene de viveros necesita las condiciones de un buen suelo agrícola (buena penetrabilidad, espesor arable no menor de 30 centímetros, buena fertilidad natural, textura blanda drenable); es capaz de crecer a un pH de suelo entre 5.5 y 8.0 y a una concentración salina de 800 ppm.

Bajo condiciones de regadío el guayabo es capaz de mantener una producción constante, resultando mejor el riego por aspersion. La propagación de la planta es por semilla, no obstante se obtienen las mejores plantas por injertos. (Cañizares J. Z. 1968).

Caracterización del fruto.

La guayaba, dependiendo de la variedad o tipo, varía mucho en forma y color; puede ser redonda, esférica, ovalada, elipsoidal y aún piriforme. Su tamaño varía entre 4 y 12 cm. de largo y 1.5 y 10 cm. de diámetro con un peso que oscila entre 15 y 560 gramos aproximadamente. El color de la piel madura puede ser verde claro, amarillo pálido, amarillo canario y aún rojizo; el color de la pulpa madura varía de blanca, blanca con incrustaciones verdes, rojo salmón, rosado amarillo. Su aroma es muy intenso y característico, su sabor varía desde muy dulce, dulce ácido, extremadamente ácido y en ocasiones muy insípido. El contenido de semillas puede ser escaso o abundante.

La composición de este fruto varía considerablemente, debido principalmente a las condiciones ecológicas. Su composición promedio puede ser observada en el cuadro IV.

CUADRO IV

Composición promedio de la guayaba

Componente	Porcentaje
Humedad	77.00
Proteína	0.95
Grasa	0.45
Fibra cruda	8.15
Cenizas	0.90
Carbohidratos	2.75
Azúcares	8.85
Acido tánico	0.95

Fuente: Cañizares J.Z. 1968.

Produciendo 100 gramos un orden de 50.5 calorías con un coeficiente de digestibilidad del 90%. (Cañizares J. Z. 1968).

La principal contribución nutricional de las frutas y sus productos procesados es su aporte de vitamina C o ácido ascórbico. Aunque las diferentes frutas y vegetales varían substancialmente su contenido de esta vitamina, como grupo de alimentos constituyen la principal fuente de ácido ascórbico para el hombre.

La guayaba en especial presenta un elevado contenido de vitamina C (700 mg/ 100 gramos o más OEA 1976). La concentración de ácido ascórbico en el fruto no es uniforme ; decrece gradualmente de la cáscara hacia el interior, encontrándose una relación aproximada de 3:2:1 en cáscara, pulpa, y semillas respectivamente.(Webber-1944). Este mismo autor hace la observación de que al parecer una guayaba de casco grueso (característica deseable) presenta proporcionalmente una concentración de ácido ascórbico disminuída a comparación de una guayaba con casco de menor espesor; cabe la observación de que las guayabas criollas generalmente tienen un casco más delgado. Sin embargo, los factores que afectan directamente el contenido de este nutriente son : Cantidad de luz y calor, agua , fertilizantes, tipo de suelo y factores similares.

Cabe hacer énfasis, en el hecho de que el contenido en que esta vitamina se encuentra presenta una fuerte dependencia del estado de madurez del fruto. En el cuadro V se muestra el efecto del estado -

de madurez en el contenido de esta vitamina.

CUADRO V

Efecto del estado de madurez de la fruta en el contenido
de Vitamina "C"

Miligramos de Vitamina C por 100 gramos			
Variedad	Russouw	Malherbe	Retief
Estado de Madurez			
Verde y Maduro	----	720	622
Verde amarillento (sazón)	----	684	614
Amarillo verdoso	484	751	542
Amarillo y <u>entera</u> mente maduro	522	761	583
Sobremaduro	522	673	557
Sobre maduro en exceso	----	697	476

Fuente : Boyers y De Villiers 1942.

Cuando la fruta es de temporal se ha observado que la que madura en época seca presenta valores más elevados en sus componentes - a comparación de la fruta que madura en época lluviosa.

En el cuadro VI se comparan los valores de diferentes componentes de la guayaba dependiendo de la época en que madura.

CUADRO VI

Efecto de la época de maduración en los componentes
de la guayaba

Componente	Epoca Lluviosa (%)	Epoca Seca (%)
Sólidos solubles	9.50	13.00
Azúcares Totales	7.80	9.40
Pectinas	1.04	1.16
Acidez	0.32	0.38
Acido Ascórbico	240mg/100g	268mg/100g

Fuente : Gangwar 1972

Entre la cosecha, que generalmente es en estado sazón y el procesado, transcurre un período corto de tiempo durante el cual se suceden cambios en la composición del fruto, la magnitud de estos cambios dependerá de las condiciones de manejo y almacenamiento.

La guayaba es un fruto muy delicado por lo que debe manejarse con sumo cuidado.

Poco se ha estudiado al respecto; Sin embargo, de manera aproximativa en el Cuadro VII pueden observarse los cambios en la composición de la fruta cosechada sazona y almacenada bajo diferentes condiciones.

CUADRO VII

Efecto del almacenamiento en la Composición de la Guayaba

	Ac. Ascórbico (Mg/100 g)	Textura Pascales $\times 10^{-3}$	% Acidez Ac. Citr.	Azúcares Tot. (g/100g gluc.)
Madura en el árbol	250-277	28-69	0.33-0.46	14.67
Sazona	273	48-90	0.44	4.6-6.0
5 días Tamb. $23 \pm 1^\circ\text{C}$	---	0-21	0.53	5.2-6.0
7 días $12 \pm 1^\circ\text{C}$	209	21-28	0.53	7.35
10 días a $12 \pm 1^\circ\text{C}$	240	28-34	0.31	7.11
14 días a $12 \pm 1^\circ\text{C}$	216	0-34	0.58	5.19

Fuente : OEA 1976

Analizando el cuadro VII resulta sobresaliente que sólo la fruta madurando en el árbol logra sus mejores características ; no obstante resulta inconveniente recolectarla en este estado debido principalmente a que la textura que presenta no resiste los daños mecá-

nicos que inevitablemente sufre la fruta por el manejo y transporte.

La disminución en la temperatura resulta en una disminución de la actividad enzimática, tanto de pectinaestearasa como de ácido ascórbico-oxidasa, con lo que se logra mantener la firmeza y contnido de ácido ascórbico un período más prolongado de tiempo.

Aunque pocos han sido los estudios realizados, Rehule(1966)-menciona la conveniencia de emplear una temperatura de 7°C para almacenar la guayaba y mantenerla firme por cortos períodos de tiempo(7 a 15 días). Lutz y Handenbourg (1968) recomiendan una temperatura entre 7 y 10°C con una Humedad relativa de 90% para la conservación de sus características en este mismo período de tiempo.

Temperaturas más bajas resultan inconvenientes ya que la fruta sufre daños por frío.

Usos

El fruto puede consumirse fresco, ya sea verde, sazón o maduro, o procesarse en su madurez adecuada para obtener jaleas, ates, mermeladas, jugos, refrescos, néctares, cascos en almíbar, pastas, alimentos infantiles, bases para refrescos, yogurts, productos para confitería, etc.

Ya que el tema central del presente estudio es el semielaborado de guayaba, resulta importante conocer las principales etapas que se siguen en la obtención del mismo.

La pulpa de guayaba ya sea congelada o esterilizada es un producto de gran aceptación, por lo que ha sido motivo de estudio en diferentes países. Es la materia prima intermedia para la elaboración de muchos de los productos ya mencionados.

Obtención de la Pulpa

Las principales etapas en la obtención de la pulpa son : lavado, selección, escaldado, rebanado, despulpado y refinado.

Lavado

Es una operación muy importante ya que se elimina tierra y material extraño que acompaña a la fruta, aligerándose la carga microbiana. Según Sánchez-Nieva y Rodríguez (1958) la carga microbiana puede verse reducida hasta en un 96% con esta operación. Los mismos autores recomiendan el empleo de una solución que contenga de 20 a 50 ppm de cloro libre seguido de un lavado con agua potable a fin de remover los residuos de este compuesto.

Selección

Esta operación se efectúa con el fin de eliminar fruta dañada y contaminada; debe recordarse que la calidad del producto final va a depender de la calidad de la materia prima, con el procesamiento no

va a mejorar una materia prima que sea pobre.

Escaldado

La pulpa que se va a congelar o deshidratar necesita ser escaldada para inactivar a las enzimas ácidoascórbico-oxidasa el complejo de la polifenol-oxidasa y la catalasa, ya que de otra manera se producirían alteraciones al producto durante el almacenamiento.

Rebanado

La operación del rebanado puede o no efectuarse dependiendo de la técnica empleada, pero si se quiere tener una alimentación constante y uniforme a la despulpadora esta es necesaria. Puede emplearse para esta operación un desintegrador de cuchillos, martillos, etc. operando con una criba que permita la reducción de tamaño sin rompimiento de las semillas. El equipo a emplear de preferencia deberá ser de acero inoxidable, ya que debe recordarse que la degradación de ácido ascórbico se ve catalizada por la presencia de iones metálicos.

Despulpado

Para esta operación se puede emplear cualquier tipo de despulpadora provista de una malla de 1.14 a 1.45 mm. El rendimiento va a depender del tipo de despulpadora que se emplee; aunque se ha observado un efecto marcado de la velocidad de rotación en el equipo sobre este mismo. Resulta por tanto conveniente el empleo de un equipo con sistema de control de velocidades. En el cuadro VIII -

se puede observar el efecto de la velocidad de rotación en el rendimiento.

CUADRO VIII

Efecto de la velocidad de rotación
en el rendimiento de pulpa

Revoluciones por minuto	Rendimiento Pulpa (%)
1 000	56
1 200	68
1 500	76

Fuente : Sánchez-Nieva y Rodríguez (1958).

Refinado

La pulpa obtenida es de consistencia granosa; esta granosidad se debe a la presencia de células pétreas, características de la guayaba. En el Cuadro IX se muestra el análisis químico de éstas.

CUADRO IX

Análisis químico de la células pétreas

Componente	Porcentaje
Cenizas	0.66
Proteína	3.54
Lignina	37.42
Grasa	0.85
Celulosa	59.15
Otros polisacáridos	6.60

Fuente : Sánchez-Nieva et al (1965).

El refinado puede efectuarse de dos maneras :

1.- Empleando un refinador provisto con una malla de 0.45 mm asegurando de esta manera la eliminación de las células pétreas ; una de las ventajas que presenta el empleo de este equipo es el mejorar el color de la pulpa.

2.- Empleando un molino coloidal, cabe señalar que con el empleo - de este equipo no se eliminan las células pétreas sólo se reducen de tamaño; por lo que su empleo (recordando la composición de estas células) resulta en una mejora en la consistencia de la pulpa.

En la industria ambos equipos se emplean indistintamente.

Las etapas hasta aquí descritas, comprenden las operaciones - tradicionalmente aplicadas en la obtención de la pulpa, el tratamiento posterior que ésta reciba dependerá del uso para el cual - se le destine.

A continuación se describirán los principales métodos de conservación de alimentos, y se señalarán los estudios realizados en pulpa de guayaba específicamente.

Generalidades sobre conservación de alimentos

La meta más importante de la conservación de los alimentos, es liberar al hombre de la total dependencia climática y geográfica de los mismos y abastecerlo de sus requerimientos nutricionales; por esta razón la industria alimentaria se desarrolla aceleradamente -- día con día.

Algunos de los objetivos principales que se persiguen al procesar un alimento son :

- Incrementar su vida útil, previniendo su rápida descomposición.
- Conservar al máximo su calidad nutricional.
- Mejorar o retener su calidad sensorial.
- Proveer al consumidor de un alimento de fácil preparación.
- Reducción de costos.

En este sentido, las causas principales del deterioro de los alimentos son :

- Crecimiento Microbiano
- Acción Enzimática
- Cambios Químicos

Practicamente todos los procesos deteriorativos que tienen lugar en los alimentos están influenciados de una manera u otra por la concentración de agua biológicamente activa en los tejidos del mismo, es decir, su actividad de agua (a_w). Los factores ambientales tales como temperatura, pH, concentración de oxígeno, luz y la composición misma del alimento; al interaccionar entre si influyen también en la velocidad de estas reacciones.

La conservación de los alimentos se basa en la manipulación de los factores ya mencionados, siendo los principios más importantes:

- 1.- Remoción de la humedad. (Secado, deshidratación y concentración).
- 2.- Tratamientos Térmicos. (Escaldado, pasteurización y esterilización).
- 3.- Tratamientos a bajas Temperaturas. (Refrigeración y congelación).
- 4.- Control de la acidez. (Fermentación y adición de aditivos ácidos).
- 5.- Adición de aditivos químicos.
- 6.- Irradiación.

1.- Remoción de la Humedad

a) Secado

El término secado se aplica principalmente a la operación rudimentaria mediante la cual se logra la eliminación de agua.

Ha sido desde tiempos muy remotos un medio de conservación de los alimentos. El secado solar es uno de los métodos más económicos; aunque desde luego presenta varios inconvenientes: depende de factores ambientales, por lo que no pueden controlarse las condiciones -- del mismo, es lento y resulta inadecuado para alimentos de alta calidad. Se logra una reducción en la humedad del orden del 15 %, nivel que resulta inadecuado para mantener la estabilidad del producto en el almacenamiento. (Desrosier 1963, Joslyn 1963, Somogy y Luh 1975, Potter 1978).

b) Deshidratación

En la actualidad el término deshidratación de alimentos se refiere al secado artificial bajo condiciones de temperatura, velocidad de aire, etc. controladas, y significa una eliminación casi completa del agua ; el nivel de agua residual que se alcanza está entre el 1 y 5%.

El desafío tecnológico que representa la deshidratación es grande , ya que no resulta sencillo obtener un bajo nivel de humedad sin provocar daños en los componentes del alimento.

La conservación es el principal objetivo de la deshidratación, aunque también son importantes la disminución de peso y/o volumen ya que resultan en una disminución de costos de envase y transporte.

Los métodos convencionales de deshidratación afectan considerablemente la calidad de los productos. La liofilización ofrece grandes ventajas en cuanto a la conservación de nutrientes, ya que previene en una forma total las reacciones degradativas. (Somogy y Luh - 1975, Potter 1978).

Nogueira et al (1978) al ensayar la liofilización de pulpa de guayaba, observó que la degradación de ácido ascórbico durante el proceso era mínima, del orden de 8.13% siendo las condiciones de operación presión absoluta 01 mm de Hg, temperatura del condensador - 60°C y temperatura de la pulpa - 40°C.

Ya que la liofilización es un proceso muy costoso se ha estudiado en la India la obtención de polvo de guayaba en pequeña escala por deshidratación. Las guayabas se escaldan con sosa, se descoran y se parten en cuartos, los cuales se exponen a los vapores de SO₂. Posteriormente se deshidratan a una temperatura de 60± 5°C hasta un nivel de humedad del 3% pasando a un molino para obtener el polvo.

La sulfitación complementa considerablemente la conservación del ácido ascórbico, encontrando los autores de este ensayo una retención del orden de cuatro veces mayor al contenido de vitamina C de las muestras sin sulfitar. (Khurdyia y Susanta 1974).

c) Concentración

La concentración tiene como finalidad la eliminación de una parte del agua presente en el alimento, siendo su principal objetivo la reducción de peso y volumen, economizando de esta manera en envases, volumen de almacenamiento y transporte.

El nivel de agua residual en el alimento concentrado es, en

una generalidad, aún suficiente para permitir el crecimiento de microorganismos; por lo que necesariamente debe de complementarse con tratamientos adicionales que hagan posible el mantener la estabilidad del producto.

Siendo la evaporación la técnica de concentración más ampliamente utilizada, es importante señalar que los cambios más importantes que ocurren durante esta se deben principalmente a degradación-térmica y reacciones entre los componentes del alimento; de esta manera apariencia, sabor, color y valor nutricional se ven seriamente afectados. Además la remoción de agua trae consigo la remoción de componentes volátiles y por lo tanto, la pérdida de características aromáticas. Este es un aspecto importante que se debe considerar en productos derivados de frutas. (Lund 1975, Lafuente 1978, Potter -- 1978).

Otra forma mediante la cual es posible remover humedad es mediante la aplicación de los procesos de salado y azucarado lográndose una disminución en el contenido de agua biológicamente activa -- sin tener que remover esta por completo, el salado y azucarado son métodos antiguos de conservación. En la nueva tecnología de alimentos para productos de humedad intermedia, se añaden humectantes con propiedades tales que fijan el agua por adsorción de manera que se promueve una inhibición de los cambios químicos, enzimáticos y del crecimiento microbiano.

Se pueden obtener concentrados de guayaba que retengan su color, aroma, sabor y valor nutricional por evaporación a baja temperatura-

y presión reducida. (Brekke et al 1961), con el empleo de un equipo Centri-therm operando a una presión de 0.084-0.098 Kg/cm² y a una temperatura de vapor de 43-45°C logró conservar estas características. Debido a que la temperatura empleada sólo provoca una mínima destrucción térmica de los microorganismos contaminantes y de las enzimas, cobra importancia el tratamiento de conservación adicional que se le dé al producto para mantener su estabilidad en el almacenamiento.

2.- Tratamientos Térmicos

a) Escaldado

El escaldado es un tratamiento térmico frecuentemente aplicado a frutas y vegetales antes de congelar, deshidratar o enlatar. Los objetivos del escaldado van a depender directamente del tratamiento posterior al que se somete el alimento. El escaldado antes de congelar y deshidratar tiene como principal objetivo la inactivación de enzimas, que de estar presentes pueden deteriorar posteriormente la calidad del producto; en el caso del enlatado, el objetivo principal es la remoción de gases, principalmente aire contenido en los tejidos del alimento.

Es importante señalar que, aunque se logra una reducción en la carga microbiana, el objetivo del escaldado no es la destrucción de microorganismos.

Existen dos métodos tradicionales de escaldado : en uno se emplea agua a temperatura de ebullición y en el otro se emplea vapor.

Empleando agua a temperatura de ebullición se tienen grandes -- pérdidas de vitaminas y minerales principalmente, debido a su solubi- lización; el empleo de vapor también presenta inconvenientes, ya que en este caso las pérdidas ocurren por reacciones de oxidación.

Indistintamente del método que se emplee; la retención de vita- minas varía en función directa del tiempo y la temperatura empleados.

En base a lo anotado en el Cuadro X, en donde se muestra el e-- fecto del tipo de escaldado en la retención de ácido ascórbico se po- dría recomendar el empleo de vapor; no obstante otros autores (Gue-- rrant et al 1947, Wagner 1947, Clifcorn 1948, Pauline et al 1948, Lee 1958, Lund 1975) recomiendan el empleo de un tratamiento de escaldado con agua a alta temperatura y corto tiempo.

CUADRO X

Efecto del tipo de escaldado en
la retención de ácido ascórbico

	Escaldado con agua	Escaldado con vapor
	Porcentaje de Retención	
Betabeles	56	80
Papas	62	77
Col	48	82
Zanahorias	55	72

Fuente: Von Loescke 1942.

Las principales enzimas oxidativas presentes en la guayaba son la ácido ascórbico oxidasa, el complejo de la polifenol oxidasa y la catalasa. Se hace por tanto necesario escaldar antes de congelar o deshidratar, para evitar la degradación del ácido ascórbico y el oscurecimiento de la pulpa durante el almacenamiento.

Jiménez (1947) observó que después de 115 días de almacenamiento, la pulpa congelada que se había obtenido de guayabas sin escaldar perdía alrededor del 36% de su ácido ascórbico inicial, mientras que la pulpa obtenida de guayabas previamente escaldadas, en el mismo período y bajo las mismas condiciones de almacenamiento solo perdía el 7.5%.

b) Pasteurización

La pasteurización es el tratamiento térmico que destruye parte de los microorganismos presentes en un alimento, en consecuencia la pasteurización deberá aplicarse a alimentos que se manejarán y almacenarán bajo condiciones que minimicen el crecimiento microbiano.

En muchos casos, el objetivo primario de la pasteurización es el destruir microorganismos patógenos (como es el caso de la leche); en otros, la pasteurización sirve primariamente para destruir microorganismos vegetativos presentes, causantes de deterioro (como en el caso de la cerveza). Dentro de los métodos de conservación que se emplean de manera conjunta con la pasteurización, se incluyen la refrigeración, la adición de aditivos químicos, el empleo de empaques adecuados y fermentación con microorganismos deseables.

La relación tiempo-temperatura que se utilice en la pasteurización dependerán de la termorresistencia del microorganismo para el cual se diseñó el proceso y de la sensibilidad del producto al calor. La pérdida de componentes nutricionales se debe, en estos casos, principalmente a degradación térmica. (Lund 1975).

En el caso de pulpa de guayaba, y dado que su acidez está comprendida dentro de los límites de un pH de 4.0, para obtener una pasteurización adecuada, solo es necesario calentarla a una temperatura de 92°C durante 50-60 segundos.

La pasteurización puede efectuarse en forma continua o en lotes utilizando cualquier tipo de intercambiador de calor.

La pulpa puede conservarse en latas recubiertas, aunque por tratarse de un semielaborado, resulta más económico el empleo de grandes contenedores y sacos de polietileno, para así manejar grandes volúmenes. Desde luego que en este caso es necesario añadir aditivos químicos y almacenar bajo refrigeración. (Salomon et al 1976).

c) Esterilización

Por definición, esterilización implica la destrucción de todo microorganismo viable, este es uno de los procesos más efectivos para la conservación de un alimento.

En la industria alimentaria, el término generalmente aplicado es el de "esterilidad comercial" el cual significa que todos los mi

microorganismos patógenos y generadores de toxinas son destruidos, -- al igual que todo tipo de microorganismo que de estar presente, -- provocaría la descomposición del alimento bajo condiciones norma-- les de manejo y almacenamiento.

Los alimentos comercialmente estériles pueden contener un pe-- queño número de esporas termorresistentes, que normalmente no pro-- liferarán en el alimento debido a las condiciones en que éste se -- conserva; la estabilidad en este sentido no es garantizable, ya -- que de encontrarse con las condiciones adecuadas seguramente és-- tos se desarrollarán, con las consecuentes implicaciones que ello-- acarrea.

La esterilización tiene efectos severos sobre los componentes-- termolábiles del alimento, de manera especial sobre las vitaminas, en esta técnica, el nivel de degradación de factores nutricionales y sensoriales dependerá directamente de la relación tiempo-temperaura empleados, así como de la velocidad de transferencia de calor-- hacia y en el producto. (Stumbo 1973, Lund 1975, NCA 1975).

Las técnicas de esterilización rápida, a alta temperatura corto tiempo, fueron desarrollados con el fin primordial de mejorar la aceptación de muchos productos termosensibles, cuya calidad resulta seriamente afectada al esterilizarlos según las técnicas convencionales; este inconveniente queda eliminado en el caso de productos-- fluidos para los que se han desarrollado con éxito procedimientos-- de esterilización rápida. Su principio, de base involucra un proceso integral de calentamiento-enfriamiento rápidos por circulación--

del producto a través de dispositivos apropiados de intercambio -- térmico, así como del acondicionamiento final del producto estéril y frío en envases, bajo condiciones de estricta asepsia. En este - sentido, la tecnología del acondicionamiento aséptico masivo actualmente se está utilizando con éxito para semielaborados. (Lafuente-1978)

Las técnicas de esterilización que más se han empleado para pulpa de guayaba son el proceso aséptico y el llenado en caliente.

En el proceso de llenado en caliente se pasteuriza primero la pulpa a una temperatura de 92°C durante 60 segundo, pasándose enseguida al llenado y sellado de las latas; éstas se invierten y se - someten a un tratamiento térmico en agua a temperatura de ebulli--ción durante 5 minutos, asegurándose de esta manera la destrucción de los elementos activos que provocarías el deterioro del producto, posteriormente se enfrían hasta una temperatura de aproximadamente 37°C. (Sánchez-Nieva y Rodríguez 1958 y 1960).

El empleo del proceso aséptico para la conservación del semielaborado de guayaba solo resulta económico cuando éste sirve como- materia prima para la elaboración de jugos, refrescos, néctares y- alimentos infantiles y, si además se trata de una planta que procese grandes volúmenes, debido a las importantes implicaciones económicas que tiene el empleo de un equipo de este tipo.

Con el proceso aséptico se han obtenido buenos resultados al - emplear una temperatura de 115°C durante 30 segundos en pulpa de - guayaba. (Kenzo et al 1976).

Con el fin de proporcionar una idea más clara de la utilización de estos métodos, en el Cuadro XI se muestra el efecto que el proceso aséptico tiene sobre el ácido ascórbico de pulpa de guayaba, observándose en este, que al menos en relación al llenado en caliente, la retención de vitamina C es superior, y ligeramente inferior a un derivado sometido a congelación.

CUADRO XI

Efecto del proceso en el contenido de
ácido ascórbico en pulpa de guayaba

Tiempo de almacenamiento (días)	Contenido de ácido ascórbico mg/100g			
	0	30	60	90
Proceso aséptico	51	48	44	45
Llenado en caliente	48	43	36	31
Congelación	50	60	59	55

Fuente: Kenzo et al 1976.

3.- Tratamientos a bajas temperaturas

a) Refrigeración

Por lo general, la refrigeración y el almacenamiento en frío -- constituyen uno de los métodos más benignos para la conservación de

los alimentos a corto plazo.

El período de almacenamiento no debe prolongarse demasiado, ya que la disminución de la temperatura solo decrece la velocidad de las reacciones degradativas sin reducción de la carga microbiana, que permanece viable; sobreviniendo degradación de vitaminas, pérdida de firmeza, cambios de textura y color y manifestaciones de deterioro microbiano. Con el fin de retardar un poco más estos cambios indeseables, junto con la refrigeración se emplean acidulantes, edulcorantes, antioxidantes e inhibidores del crecimiento de microorganismos.

La refrigeración en el caso de productos semielaborados resulta de gran utilidad, ya que si se complementan aditivos químicos y refrigeración, es posible preservar al semielaborado por un período considerable de tiempo; además de que en muchos casos es más accesible una cámara de refrigeración que una cámara de congelación.

A manera de ejemplo, el semielaborado de guayaba puede conservarse bajo refrigeración, sin que sufra alteraciones significativas, por períodos hasta de seis meses, siempre y cuando, haya sido adicionado el aditivo químico adecuado.

El grado en que previene el deterioro del alimento la refrigeración, no es comparable con el grado en que lo previenen los otros métodos de conservación. (Woodrof 1975, Potter 1978).

b) Congelación

La conservación por medio de la congelación y almacenamiento a bajas temperaturas se basa en la retardación de los cambios bioquímicos de los alimentos, junto con una inhibición microbiana.

Para el almacenamiento de productos congelados, se recomiendan temperaturas por debajo de los -18°C ; de manera general se ha encontrado que una ligera disminución en la temperatura por debajo de este valor incrementa considerablemente la vida útil de tales productos.

Algo que resulta bastante perjudicial para la calidad de los alimentos congelados es la variación en la temperatura de almacenamiento. La congelación y descongelación repetidas provocan desorganización celular, por lo que los procesos deteriorativos sobrevienen rápidamente. (Luh et al 1975, Potter 1978).

A nivel comercial, para la pulpa de guayaba, en cuanto esta sale del refinador se pasa a través de un deaerador para remover el aire que se incorporó a la misma, retardando aún más el deterioro durante el almacenamiento, ya que la oxidación es la principal causa de la pérdida de color, vitaminas y sabor; además con la remoción del aire se obtiene un producto de apariencia uniforme y suave. Posteriormente se pasa la pulpa a un preenfriador, se envasa (generalmente en latas) y se pasa después a una cámara de congelación, manteniéndose a -18°C , -20°C . (Luh et al 1975).

Aunque el envase más utilizado ha sido la lata, para grandes cantidades es posible el empleo de contenedores de mayor capacidad y sacos de polietileno.

Con la congelación el contenido de ácido ascórbico se mantiene prácticamente inalterado durante el almacenamiento a -20°C . (Zenode Martin et al 1975).

4.- Control de la acidez

a) Fermentación

Por alimento fermentado en el más amplio sentido de la palabra, se entiende una clase especial de alimentos que se caracterizan -- por haber sufrido varias clases de desdoblamientos; en sus carbohidratos principalmente, en sus lípidos y en sus proteínas, gracias a la acción de microorganismos específicos y a un cuidadoso control de las condiciones ambientales.

Los alimentos fermentados además de proporcionar variedad a la dieta del hombre conservan su estabilidad, debido a la formación de algunos compuestos; en especial alcoholes y ácidos.

La pérdida de nutrientes debida a la fermentación es mínima; -- resultando en muchas ocasiones que el alimento fermentado es más nutritivo que su equivalente no fermentado; debido principalmente a que los microorganismos no solo degradan sustancias complejas sino que también producen como parte de su metabolismo compuestos nutricionales tales como vitaminas. (Harris y Karmas 1975).

Un alimento fermentado, desde luego es completamente diferente

al original. Los cambios que sufre bajo condiciones controladas no se consideran defectos, sino por el contrario cambios deseables. - (Desrosier 1963, Feelers 1975, Potter 1978).

5.- Adición de aditivos químicos

La adición de aditivos químicos contribuye a la conservación - de los alimentos proporcionando un ambiente inhibitorio, tanto para el crecimiento microbiano, como para la realización de las reacciones químicas y enzimáticas.

El efecto de los aditivos químicos sobre los nutrientes es muy variable. (Harris y Karmas 1975).

Los aditivos más frecuentemente empleados en pulpa de guayaba son el dióxido de azufre y el sorbato de potasio.

Dióxido de azufre

El SO_2 y derivados inorgánicos afines han encontrado una amplia aplicación en el procesamiento de alimentos y su conservación. El SO_2 gaseoso o líquido, sulfitos, bisulfitos y metabisulfitos se utilizan para prevenir o reducir la proliferación de microorganismos, para la supresión selectiva de algunos otros que se consideran indeseables, como agentes blanqueadores, antioxidantes e inhibidores del oscurecimiento enzimático y no enzimático.

Ha tenido gran aplicación en la conservación de semielaborados de frutas.

Las diferentes sales presentan la ventaja de su cómoda manipulación como productos químicos secos. Al disolverse en agua dan lugar al ácido sulfuroso en sus diversas formas iónicas según el pH del medio. El metabisulfito de sodio, es la sal más estable de los derivados del ácido sulfuroso, siendo además la que presenta el más alto equivalente de SO_2 , 67.39%.

A bajos valores de pH se tiene una mayor proporción de ácido sulfuroso no disociado y una concentración menor del ión metabisulfito, siendo estas las formas más activas del SO_2 ; por lo tanto al disminuir el pH es mucho más pronunciada la acción antimicrobiana de estos compuestos.

Una de las grandes ventajas que presenta frente a otros aditivos químicos es su fácil eliminación posterior por medio de la aplicación de calor. (Desrosier 1963).

Debido a su acción antioxidante es útil para estabilizar al ácido ascórbico, los carotenos y demás compuestos susceptibles a la oxidación. (Lafuente 1978).

En la conservación de pulpa de guayaba se han empleado concentraciones hasta de 3 000 ppm. (Zeno de Martin 1975, Salomon 1976).

Sorbato de potasio

El sorbato de potasio tiene propiedades antifúngicas, es por esta razón que se le emplea en productos derivados de frutas, además no proporciona olores ni sabores extraños a las concentraciones que normalmente se emplea (1 000 ppm).

Es importante señalar que el sorbato de potasio no previene -

el oscurecimiento, tanto enzimático como no enzimático.

Precisamente debido al hecho de que no proporciona olores ni sabores extraños se le ha empleado satisfactoriamente en la conservación de concentrados de pulpa de guayaba. Bajo condiciones de refrigeración la pulpa adicionada de sorbato de potasio tiene una vida útil de aproximadamente tres meses. (Brekke et al 1970).

6.- Irradiación

De todos los métodos de conservación. la irradiación es el más reciente. Por alimento irradiado, se entiende que es aquel que ha sido procesado con un número limitado de energía radiante o radiaciones ionizantes.

Existen varias formas de energía radiante; pertenecen al espectro electromagnético y difieren en cuanto a longitud de onda, frecuencia y fuerza de penetración; así como de los diversos efectos que ejercen sobre los distintos sistemas biológicos.

Este tipo de tratamiento se conoce como pasteurización o esterilización fría, debido a que las radiaciones no producen un incremento notable en la temperatura del alimento.

La FDA coloca a los tratamientos por irradiación en la categoría de aditivos; la irradiación de un material que contiene agua causa la ionización de una parte de ésta, con la formación de radicales altamente reactivos (hidrógeno y radicales oxhidrilos) que desencadenan las reacciones letales para los microorganismos y a-

fectan los componentes nutricionales del alimento, en particular a las vitaminas. (Desrosier 1963, Karel 1975, Potter 1978).

Ya que la finalidad de la irradiación es la conservación, la selección de la dosis tiene que estar basada en función de varios factores; siendo los más importantes seguridad y sanidad del alimento tratado, resistencia de éste a los daños causados a la calidad sensorial, la resistencia de los microorganismos, la resistencia de las enzimas y el costo. La seguridad y la sanidad abarcan consideraciones que trascienden la ausencia de radioactividad peligrosa y de patógenos.

Las dosis generalmente aplicadas se encuentran en el intervalo de 1 000 a 1 000 000 de rads.

Efecto del procesamiento sobre el valor nutricional de los alimentos

Cada operación que se realice para lograr la conservación de los alimentos, lleva consigo una inevitable pérdida de ciertos nutrientes, al mismo tiempo que se afectan sabor, textura y apariencia del producto.

Los factores mencionados se degradan en mayor o menor intensidad dependiendo de la severidad del tratamiento, y a su susceptibilidad a los efectos de:

- Temperatura
- pH
- Luz
- Enzimas
- Concentración de oxígeno
- Presencia de elementos traza (Cu y Fe principalmente)
- Composición del alimento
- Combinación de los factores anteriores

La susceptibilidad de las vitaminas a algunos de los factores mencionados anteriormente se muestra en el Cuadro XII.

CUADRO XII

Efecto de diferentes factores en la estabilidad
de componentes nutricionales

Componente	Efecto del pH			O ₂	Luz	Calor	Máxima pérdida por cocción(%)
	7	7	7				
Vitamina A	E	I	E	I	I	I	40
Vitamina C	I	E	I	I	I	I	100
Biotina	E	E	E	E	E	I	60
Carotenos	E	I	E	I	I	I	30
Colina	E	E	E	I	E	E	5
Cobalamina	E	E	E	I	I	E	10
Vitamina D	E	E	I	I	I	I	40
Acido fólico	I	I	E	I	I	I	100
Inositol	E	E	E	E	E	I	95
Vitamina K	E	I	I	E	I	E	5
Niacina	E	E	E	E	E	E	75
Acido pantoténico	E	I	I	E	E	I	50
Acido p-aminobenzóico	E	E	E	I	E	E	5
Piridoxina	E	E	E	E	I	I	40
Rivoflavina	E	E	I	E	I	I	75
Tiamina	I	E	I	I	E	I	80
Tocoferol	E	E	E	I	I	I	55

Fuente : Harris y Kanbas 1975.

E= Estable

I= Inestable

Una vez que el alimento ha sido procesado, pasa algún tiempo en almacenamiento hasta que llega al consumidor. Resulta por tanto evidente que un adecuado sistema de empaque es básico para un proceso de conservación, así como de un adecuado control de las condiciones de almacenamiento.

Como puede observarse en el Cuadro XII, la Vitamina C es uno de los componentes más inestables; ya que las frutas son fuente de esta vitamina, un buen índice de las condiciones de manejo y almacenamiento lo constituye el contenido de ácido ascórbico.

Dentro de los tratamientos de conservación ya mencionados, los térmicos son los más importantes; se hace necesario por tanto conocer, en primera instancia los mecanismos de transferencia de calor.

Mecanismos de Transferencia de Calor

La transferencia de calor involucra un mecanismo molecular en el cual, la energía cinética de una molécula aumenta al absorber energía calorífica, llevándose a cabo la transferencia cuando las moléculas de mayor energía cinética y por tanto movimiento rápido chocan con las de menor energía cinética y lento movimiento, con lo cual las primeras pierden energía cinética y las segundas la adquieren.

Son tres los mecanismos básicos para la transferencia de calor:

a) Conducción, b) Convección y c) Radiación.

a) Conducción

Ocurre cuando la energía calorífica de una molécula o átomo es transferida a una molécula o átomo adyacente sin provocar un cambio considerable en su posición relativa, por lo que se presenta principalmente en productos sólidos.

La ley básica que gobierna la transferencia de calor por conducción es la ley de Fourier. Esta ley establece que la velocidad de transferencia de calor a través de un material uniforme, es directamente proporcional al área de transferencia y al gradiente de temperaturas del material, e inversamente proporcional al espesor del mismo; siendo representada por la ecuación:

$$dQ/dt = -k A dT/dL \quad (1)$$

en donde:

dQ/dt = velocidad de transferencia.

k = constante de proporcionalidad, es la conductividad térmica; propiedad física de cada material que depende de la temperatura.

dT/dL = gradiente de temperaturas por unidad de espesor.

A = superficie de transferencia.

A comparación de la transferencia de calor por convección, la conducción resulta mucho más lenta.

b) Convección

En el calentamiento por convección, las moléculas están libres para moverse; esto dá por resultado una mezcla de porciones calientes y frías en el mismo material. Este hecho limita la convección a sistemas fluídos ya sea líquidos o gaseosos.

La convección puede ser libre o forzada: en la convección libre el movimiento de los fluídos es el resultado del establecimiento de gradientes de densidad; en la forzada el movimiento de los fluídos se debe a la aplicación de movimiento por una fuente externa (bomba, agitador, ventilador). Resulta evidente que en la convección forzada la transferencia de calor es mayor.

La expresión para la transferencia de calor por convección es la correspondiente a la ley de enfriamiento de Newton, la cual se establece como:

$$dQ/dt = h A \Delta T \quad (2)$$

en donde:

dQ/dt = velocidad de transferencia.

h = constante de proporcionalidad, es el coeficiente de transferencia de calor por convección; depende de las propiedades del fluído, de la naturaleza de la superficie y de la velocidad de flujo a través de la superficie de transferencia.

A = superficie de transferencia.

ΔT = gradiente de temperaturas

En la mayoría de los tratamientos térmicos aplicados a los alimentos; la aplicación de calor es indirecta; esto es, el calenta---

miento ocurre de un fluido caliente (medio de calentamiento) hacia la pared de intercambio, y hacia un fluido frío (alimento). Para cada uno de los pasos señalados existe un coeficiente de transferencia de calor. Es posible simplificar estos coeficientes en uno solo además como el gradiente de temperaturas no es constante ΔT es una media logarítmica, transformándose la ecuación en:

$$dQ/dt = U A \Delta T_{ln} \quad (3)$$

siendo U el coeficiente total de transferencia de calor.

c) Radiación

Difiere de la conducción y de la convección en que no requiere de un medio para transportar el calor de la fuente de calentamiento al medio que lo recibe.

Las radiaciones electromagnéticas utilizadas como fuente de energía viajan a la velocidad de la luz, encontrándose caracterizadas por una longitud de onda y una frecuencia dada expresándose en la forma de:

$$c = \lambda f \quad (4)$$

en donde:

c = velocidad de la luz.

λ = longitud de onda.

f = frecuencia.

La longitud de onda que corresponde a la región infrarroja del espectro (0.8-400 nm) tiene la peculiaridad de que sus radiaciones-

son rápidamente absorbidas y convertidas en energía calorífica; debido a su bajo poder de penetración, se emplean preferentemente para calentamiento superficial.

La ecuación de Stefan-Boltzman explica la transferencia de calor por radiación bajo la forma de:

$$q = A \epsilon \zeta (T_1^4 - T_2^4) \quad (5)$$

en donde:

q = energía radiada.

A = área superficial.

ϵ = emisividad (relación de la energía emitida por un cuerpo sobre la emisión de un cuerpo ideal -cuerpo negro- a una misma temperatura).

ζ = absortividad (fracción de energía absorbida por un cuerpo en comparación con la energía absorbida por el cuerpo negro).

T_1 y T_2 = temperaturas absolutas de los alrededores.

Mecanismo de inactivación microbiana por calor

En alimentos, los mecanismos de transferencia son en una generalidad aplicados, dado que las formas vegetativas de las células bacterianas se inactivan a temperaturas ligeramente arriba de su máxima temperatura de crecimiento; las esporas en cambio, sobreviven a temperaturas mucho más elevadas.

Esta diferencia en la termorresistencia puede deberse a que las esporas y las células vegetativas presentan diferente composición protéica, y la principal acción del calor es la desnaturalización de proteínas.

El calor humedo resulta más efectivo para la inactivación de esporas que el calor seco; esta diferencia está relacionada con el mecanismo de inactivación que se promueve en cada caso: la aplicación de calor humedo provoca desnaturalización protéica, mientras que el calor seco promueve reacciones de oxidación, y estas requieren de un mayor suministro de energía.

Los factores que influyen en la termorresistencia bacteriana son:

- Resistencia inherente: diferentes microorganismos exhiben diferentes termorresistencias, lo mismo que diferentes cepas de una misma especie.
- Influencias ambientales durante el crecimiento y formación de esporas: se incluyen en este punto factores tales como temperatura, ambiente iónico, presencia de lípidos y fase de crecimiento.

- Influencias ambientales activas durante el tiempo de calentamiento: pH, ambiente iónico, actividad de agua, composición del alimento y del medio en que se encuentra.

Dentro de los factores mencionados, el pH del alimento es de gran importancia, ya que la termorresistencia de un microorganismo está íntimamente ligada con este.

Desde el punto de vista procesamiento térmico, los alimentos se pueden clasificar en tres categorías dependiendo de su pH:

- 1.- Alimentos de acidez baja y media (pH mayor de 4.5).
- 2.- Alimentos ácidos (pH comprendido entre 4.0 y 4.5).
- 3.- Alimentos de alta acidez (pH menor de 4.0).

Cinética de inactivación microbiana

Es bien conocido que la reducción en el número de células viables sometidas a la acción del calor sigue una relación exponencial con respecto al tiempo de exposición a la temperatura letal.

Este comportamiento puede explicarse según Rahn, al considerar que la pérdida de la capacidad reproductora de las bacterias se debe a una reacción unimolecular o bimolecular de primer orden en algún componente de la célula bacteriana, que bien podría ser la desnaturalización de un gene esencial para la reproducción. El tamaño de un gene es tan pequeño que puede considerarse constituido por una o dos moléculas; y el hecho de que cada célula microbiana con--

tenga dos moléculas de DNA soporta esta teoría.(Stumbo 1973).

Por tanto la inactivación microbiana puede describirse matemáticamente de la misma manera que una reacción química unimolecular o bimolecular de pseudo primer orden.

En una reacción unimolecular solo una sustancia reacciona y su velocidad de descomposición es directamente proporcional a su concentración. En una reacción bimolecular de primer orden la concentración de uno de los reactantes es tan grande, que la variación en su concentración es despreciable y la velocidad de descomposición del segundo reactante es directamente proporcional a su concentración.

Expresando lo anterior matemáticamente, esto es:

$$- dC/dt = k C \quad \text{ó} \quad -dC/C = k dt \quad (6)$$

en donde:

C = concentración del reactante que se descompone.

k = factor de proporcionalidad.

- dC/dt = velocidad a la cual la concentración decrece.

Integrando la ecuación 6 entre los límites de C_0 para $t = 0$ y C para $t = t$ se tiene:

$$- \int_{C_0}^C dC/C = k \int_0^t dt$$

$$- \ln C_0 - (-\ln C) = k t$$

$$k = 2.303/t \log C_0/C \quad \text{ó} \quad t = 2.303/k \log C_0/C \quad (7)$$

en donde:

C_0 = concentración inicial del reactante; puede sustituirse por a número inicial de células viables.

C = concentración al final del tiempo t de reacción; puede sustituirse por b número de células sobrevivientes después de un tiempo t de calentamiento.

La ecuación 7 se transforma en:

$$t = 2.303/k \log a/b \quad (8)$$

La expresión gráfica de la ecuación 8 es la curva de sobrevivientes, la cual se muestra en la figura 1.

Cuando $b = a/10$; $t = 2.303/k$, que es el tiempo requerido para lograr una reducción del 90% en las células viables, y es también - el tiempo requerido para que la curva de sobrevivientes atravesase - un ciclo logarítmico. Este tiempo es el tiempo de reducción decimal y se representa con la letra D :

$$t = D \log a/b \quad (9)$$

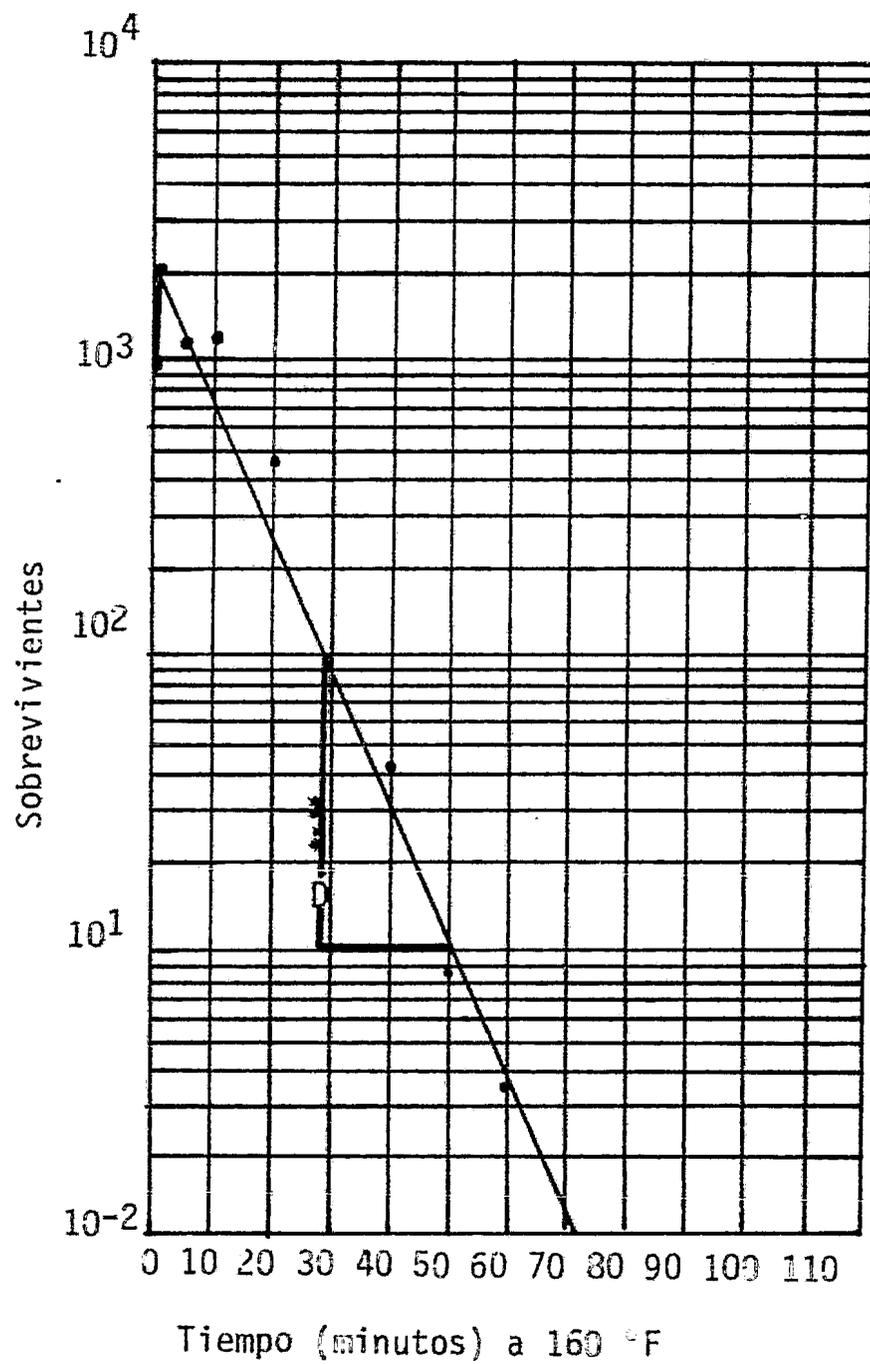
De manera similar, el tiempo necesario para lograr una reducción de microorganismos hasta un valor determinado a consecuencia - de un tratamiento a una temperatura constante se designa como F_T :

$$F_T = D \log a/b \quad (10)$$

La ecuación 10 se conoce como ley de supervivencia o primera-ley de la destrucción térmica de los microorganismos.

Debido al carácter exponencial de esta ley, teóricamente no - puede llegarse a cero en el número de microorganismos sobrevivientes.

FIGURA 1
CURVA DE SOBREVIVIENTES



En consecuencia, se escoge como número final de microorganismos vivos aquel que represente una posibilidad de sobrevivencia tan baja que no implique riesgos ni para el consumidor ni para el producto; esto equivale a decir que el número inicial de microorganismos debe de reducirse en un factor 10^n tal que, $a/b = n$:

$$F_T = n D \quad (11)$$

Este factor n de reducción para cualquier microorganismo se establece tomando en consideración una serie de cuestiones tales como patogenicidad y termorresistencia del microorganismo, características del producto y niveles de contaminación normales en los alimentos.

Ahora, regresando a la curva de sobrevivientes (figura 1) se puede establecer una relación entre D y k (Stumbo 1973):

$$-\frac{\log b - \log a}{D} = -\frac{\log a/b}{D} = -\frac{\log \frac{a}{a/10}}{D} = -\frac{1}{D}$$

y, como la pendiente de la curva es $-k/2.303$, se tiene que:

$$-k/2.303 = -1/D \quad D = 2.303/k \quad (12)$$

La relación que guarda con la temperatura la inactivación de los microorganismos, es lo que se conoce como segunda ley de la supervivencia o destrucción térmica de los microorganismos; esta ley puede explicarse desde dos puntos de vista:

- La teoría de Arrhenius
- Las Curvas de degradación térmica

Teoría de Arrhenius

Si se considera la destrucción térmica de los microorganismos de manera análoga a las reacciones químicas, las constantes cinéticas relacionadas con la temperatura son semejantes y se puede aplicar la ecuación de Arrhenius:

$$k = A e^{-Ea/RT} \quad (13)$$

en donde:

k = constante de velocidad específica de reacción.

A = constante de proporcionalidad; factor de frecuencia.

Ea = energía de activación de Arrhenius.

T = temperatura absoluta..

Tomando logaritmos en ambos lados de la ecuación 13 se tiene:

$$\ln k = \ln A - Ea/RT \quad (14)$$

Una gráfica de $\ln k$ vs $1/T$ (figura 2) es una línea recta con pendiente igual a $-Ea/R$.

Para evaluar el factor de frecuencia A se tiene una constante k_1 para T_1 , por lo que:

$$\ln A = \ln k_1 + Ea/RT_1 \quad (15)$$

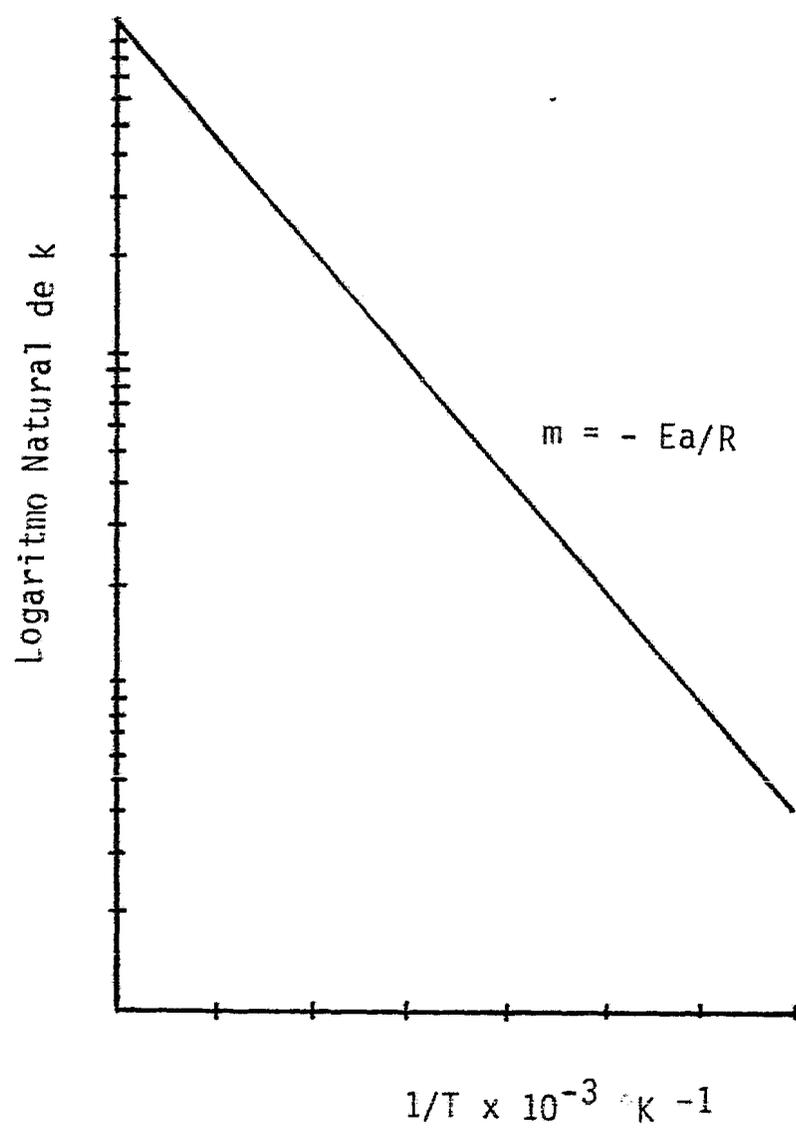
Al sustituir el valor encontrado en la ecuación 15 para el factor de frecuencia en la ecuación de Arrhenius (13) se llega a la siguiente expresión:

$$\log k / \log k_1 = - Ea/2.303R (1/T - 1/T_1)$$

$$\log k / \log k_1 = - Ea/2.303R (T_1 - T / T_1 T) \quad (16)$$

FIGURA 2

CURVA PARA DETERMINAR LA ENERGIA
DE ACTIVACION DE ARRHENIUS



Curvas de Degradación Térmica

El método de las curvas de degradación térmica o curvas TDT - fué introducido por Bigelow, quién observó que al graficar el tiempo de destrucción térmica (tiempo mínimo requerido para llegar a un total de destrucción de microorganismos) contra la temperatura en grados Fahrenheit resultaba una línea recta (figura 3).

La ecuación que describe esta línea recta es:

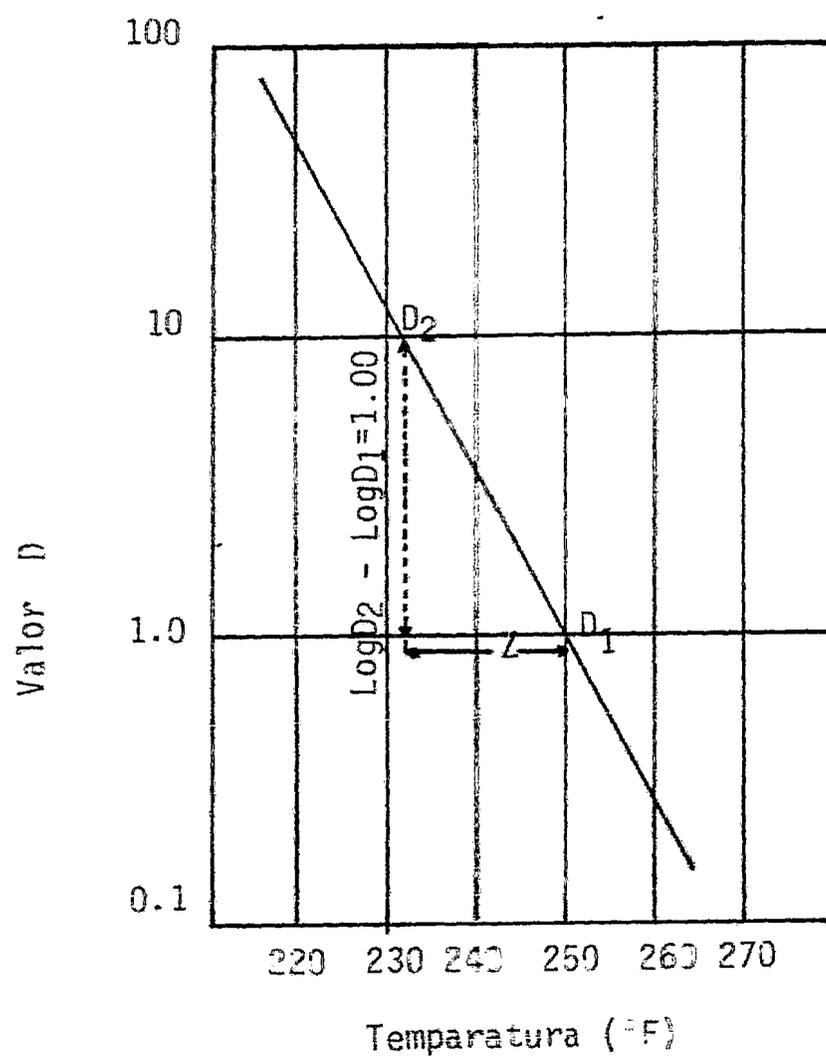
$$\log TDT/TDT_1 = - 1/z (T - T_1) = T_1 - T/z \quad (17)$$

El término z empleado en los cálculos de proceso térmico es igual numéricamente al número de grados Fahrenheit requeridos para que la curva de destrucción térmica atraviese un ciclo logarítmico- (figura 3).

$-1/z$ se emplea para caracterizar la dependencia de la velocidad de reacción con la temperatura.

Para entender el valor de z se tiene el siguiente ejemplo: un pequeño valor de z , por ejemplo 10°F indica que el tiempo de destrucción crece en un factor de 10 para un incremento de 10°F en la temperatura; mientras que un valor de z mayor, por ejemplo 50°F , indica que la temperatura puede incrementarse 50°F para reducir el tiempo de destrucción en un factor de 10. Por tanto las reacciones que tienen un valor de z pequeño son altamente dependientes de la temperatura a comparación de las que tienen un valor de z mayor; que son menos influenciadas por la temperatura.

FIGURA 3
CURVA DE DESTRUCCION TERMICA



Relación entre Energía de Activación de Arrhenius y z

Ya que TDT, D y F_T describen los tiempos necesarios para lograr inactivación de microorganismos a diferentes niveles; la ecuación de la curva de destrucción térmica (17) puede expresarse como:

$$\log F_T / F_{T_1} = T_1 - T / z$$

o bien;

$$\log D_1 / D = T_1 - T / z \quad (18)$$

Recordando que D y k se relacionan ($D = 2.303/k$), se puede llegar a la siguiente expresión:

$$\log k/k_1 = T_1 - T/z = - 1/z (T - T_1) \quad (19)$$

De acuerdo con la ecuación 19, el log de k es directamente proporcional a la temperatura.

Pero con la ecuación de Arrhenius se había llegado a que:

$$\log k/k_1 = - Ea/2.303R (1/T - 1/T_1)$$

en donde la dependencia de k con la temperatura es inversa. Estas expresiones resultan contradictorias; sin embargo, se sabe que para pequeños cambios en la temperatura T es proporcional a $1/T$; por tanto se puede llegar a una expresión que relacione Ea y z:

$$- Ea/2.303R (T_1 - T/T_1 T) = T - T_1/z \quad (9/5) = - (T_1 - T/z) \quad (9/5)$$

$$Ea = 2.303 R T T_1/z \quad (9/5) \quad (20)$$

Los valores D y z son los más empleados en la industria procesadora de alimentos; aunque Ea y k son más precisos.

Cuando en vez de microorganismos se alude a la cinética de inactivación de enzimas o a la degradación de un factor nutricional o sensorial, el comportamiento es el mismo, y por tanto las consideraciones hasta aquí expuestas son las mismas.

Importancia de los parámetros cinéticos

Como ya se había mencionado, la finalidad de un tratamiento térmico es la reducción de materiales biológicamente activos (enzimas y microorganismos), aunque inevitablemente y de manera simultánea se tiene degradación de componentes nutricionales y sensoriales. En los últimos años se ha dado mucha importancia a la retención de estos componentes en los alimentos durante su procesamiento.

Los parámetros cinéticos son la base de diseño de un proceso térmico, ya que describen el efecto del tiempo y la temperatura sobre todos los constituyentes del alimento (microorganismos, enzimas, componentes nutricionales y sensoriales).

Su conocimiento es muy importante por que son las herramientas con que se cuenta para poder optimizar un proceso con el fin de re-tener al máximo nutrientes y factores sensoriales; además sirven pa-ra diseñar nuevos procesos y para predecir la vida útil que tendrá un producto durante su almacenamiento. (Teixeira et al 1969, Wanninger 1972, Lund 1973, Singh y Heldman 1976, Lee et al 1977).

En el Cuadro XIII se comparan los valores de z , E_a y D para diferentes componentes de los alimentos asociados con el procesamiento térmico.

CUADRO XIII

Termorresistencia de varios componentes
de los alimentos asociados con el
procesamiento térmico

Componente	z ($^{\circ}\text{F}$)	E_a (Kcal/mol)	$D_{121^{\circ}\text{C}}$ (min)
Vitaminas	45-55	20-30	100-1 000
Color, textura, sabor	45-80	10-30	5- 500
Enzimas	12-100	12-100	1- 10
Células vegetativas	8-12	100-120	0.002- 0.02
Esporas	12-22	53-83	0.1 - 5

Fuente: Lund 1980.

Un examen cuidadoso del Cuadro XIII, nos puede explicar el -- porque es posible optimizar un proceso térmico con la finalidad de retener factores nutricionales.

Cada una de las reacciones de degradación que se llevan a cabo durante el tratamiento térmico tienen sus valores específicos de energía de activación, este valor indica que tanto, la velocidad de

reacción es dependiente de la temperatura. Las esporas y células vegetativas, tienen altos valores de E_a ; esto quiere decir, en otras palabras que un ligero incremento en la temperatura provocará un aumento considerable en la velocidad de inactivación microbiana; por otro lado, las vitaminas y factores sensoriales tienen valores de E_a más pequeños lo que significa una mayor resistencia a la degradación térmica, es decir, que al aumentar la temperatura, la velocidad de reacción no se ve tan afectada.

Conjuntando estas observaciones: durante un tratamiento térmico se puede incrementar la temperatura de proceso para lograr una más rápida inactivación de microorganismos reduciéndose por tanto el tiempo de proceso y lográndose una mayor retención de componentes nutricionales y sensoriales.

En el caso de las enzimas se observa un intervalo muy amplio en los valores de E_a , esto se debe a que existen enzimas termorresistentes.

A continuación se discutirán las posibilidades de optimización para los tratamientos térmicos más comunes aplicados a los alimentos.

Escaldado

Para evaluar la efectividad del escaldado, se emplea como criterio la actividad enzimática.

Es difícil predecir un tratamiento térmico óptimo, ya que los valores de E_a para enzimas termorresistentes, componentes nutricionales y sensoriales son aproximadamente los mismos; tomando en con

sideración lo anterior, el escaldado a altas temperaturas por períodos cortos de tiempo no tendrá ninguna ventaja sobre el escaldado a bajas temperaturas por períodos prolongados de tiempo.

En el escaldado, la degradación térmica de componentes nutricionales y sensoriales no será el mecanismo primario de pérdida. -- Por ejemplo el escaldado con agua a temperatura de ebullición puede resultar en una considerable pérdida de nutrientes debido a su solubilización; pérdidas de magnitud similar debidas a reacciones de oxidación se tienen en el escaldado con vapor.

Si se consideran estos últimos factores; un tratamiento de alta temperatura-corto tiempo, es el que resultará en una mayor retención de nutrientes, debido a que el tiempo de exposición y no la temperatura es el factor más importante (Lund 1975).

Pasteurización

La inactivación de células vegetativas de bacterias, hongos y levaduras, es el criterio para determinar si la pasteurización ha sido o no adecuada.

Ya que existe diferencia en los valores de E_a , siendo mayor para las células vegetativas, la dependencia de la inactivación microbiana con la temperatura es mucho mayor que la que tiene la degradación de nutrientes; los tratamientos de alta temperatura-corto tiempo son los que resultan en una mayor retención de nutrientes.

Al incrementar la temperatura de proceso se tendrá un efecto drástico sobre la velocidad de inactivación de células vegetativas y esporas, mientras que ese mismo incremento no afectará de manera-

considerable la velocidad de degradación de factores nutricionales y sensoriales.

Esterilización

Para optimizar esta operación con vías a retener nutrientes, las consideraciones no son tan sencillas como en el caso de la pasteurización y el escaldado.

Al comparar los valores de E_a , para destrucción de células vegetativas, esporas y factores nutricionales (Cuadro XIII) se observa una gran diferencia entre ellos; lo que sugiere una gran oportunidad de optimización, no obstante, no solo estos factores se toman en consideración.

La manera en que se calienta un producto, se vuelve un factor importante. Para los que se calientan por convección, los tratamientos de alta temperatura-corto tiempo, resultan en una máxima retención de nutrientes, esto puede concluirse de la observación del Cuadro XIII. No obstante, conforme aumenta la temperatura y el tiempo de proceso se acorta existe un punto en el cual se inactivan las esporas microbianas pero no sucede lo mismo con las enzimas termorresistentes. A una temperatura baja de proceso, la velocidad de degradación de estas últimas es mayor que para las esporas, pero conforme aumenta la temperatura, la velocidad de destrucción de éstos se incrementa más rápidamente que la de las enzimas. Existe por tanto -- una temperatura elevada a la cual las velocidades de degradación enzimática y de esporas se igualan; por arriba de esta temperatura, el proceso deberá basarse en la destrucción de las enzimas, de no --

ser así, el alimento se deteriorará debido a la actividad enzimática residual. La temperatura a la cual se igualan ambas velocidades de degradación se encuentra entre los 132°C y 143°C.

Para productos que se procesan a temperaturas por arriba de las mencionadas es difícil calcular con exactitud las condiciones que resulten en una efectiva inactivación de esporas y enzimas termorresistentes y a la vez en un daño mínimo a los componentes nutricionales y sensoriales.

Para productos que se calientan por convección es importante suponer que todas las piezas que se encuentran rodeadas por un medio (salmuera, jarabe, etc) reciben el mismo tratamiento letal que éste; esto es solamente válido cuando las piezas de alimento antes de procesarse tienen su interior estéril y además poseen una superficie y coeficiente de transferencia de calor elevados.

Esto no es un caso general, ya que existen algunos alimentos que en su interior tienen puntos que no se pueden considerar libres de microorganismos (como por ejemplo bolas de carne en una salmuera) y que además tienen una superficie y coeficientes de transferencia de calor pequeños; esto significa que la temperatura de la superficie del alimento es significativamente menor que la temperatura del medio. Bajo estas condiciones y cuando la mayoría de los nutrientes se encuentran localizados en el interior del alimento; el problema de diseñar un tratamiento térmico para optimizar la retención de nutrientes, es básicamente el mismo que para productos que se calientan por conducción.

En los alimentos que se calientan por conducción, cada elemento de volúmen recibe diferente tratamiento térmico, basándose el proceso en el tratamiento que recibe el punto de más bajo calentamiento o punto frío. Cuando termina el calentamiento y empieza el enfriamiento, el punto frío sigue incrementando su temperatura, por lo que la letalidad total del proceso es el efecto integrado del tratamiento recibido en cada elemento de volúmen.

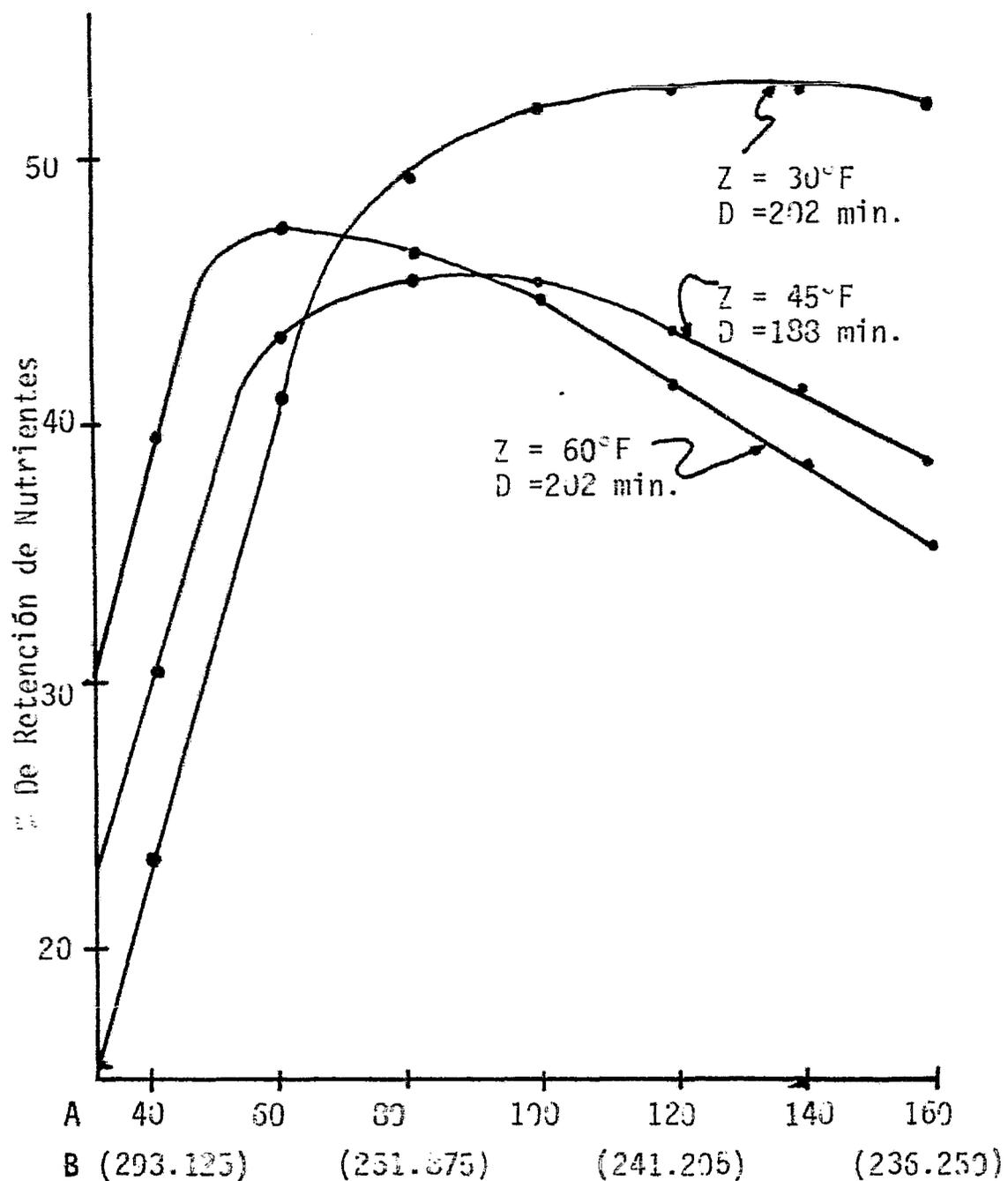
Se han diseñado modelos matemáticos para evaluar la letalidad de tratamientos térmicos en este tipo de alimentos; estos mismos modelos se han utilizado para optimizar la retención de nutrientes en estos mismos.

Ejemplificando: En la figura 4 se muestran varios tratamientos con diferentes relaciones tiempo-temperatura, pero que proporcionan el mismo nivel de inactivación microbiana y retención de componentes nutricionales con diferentes valores de z y por tanto de E_a .

En esta misma figura puede observarse que la retención de nutrientes con un valor de z grande se vé favorecido por un tratamiento a baja temperatura y tiempo prolongado, mientras que la retención de un nutriente con valor de z un poco más bajo se vé favorecido por un tratamiento de alta temperatura-corto tiempo.

La curva de $z = 45^\circ\text{F}$ y $D = 188$ min representa la destrucción de tiamina en un producto en el cual el tratamiento óptimo se tiene a 248°F durante 90 minutos; resulta significativo que conforme aumenta la temperatura de proceso, la retención de tiamina decrece rápi-

FIGURA 4



A = Tiempo de proceso en minutos

B = Temperatura de la retorta en °F

Fuente : Teixeira (1969).

damente.

Como puede visualizarse, el determinar un tratamiento térmico con el cual se logre retener al máximo los nutrientes en alimentos que se calientan por conducción no es sencillo, se requiere de complicados modelos matemáticos.

En el siguiente capítulo se dá a conocer la metodología del presente estudio la cual se basa en las generalidades descritas hasta aquí, y en la cual se ponen en juego las variables y los parámetros necesarios para el conocimiento del comportamiento del sistema biológico contemplado durante su transformación y almacenamiento.

METODOLOGIA

La materia prima empleada en el presente estudio fueron guayabas criollas recolectadas en el Municipio de Calvillo, Aguascalientes. Se realizaron dos cosechas; una en el mes de Septiembre y otra en el mes de Noviembre.

Las guayabas se recolectaron en estado sazón porque, como se mencionó anteriormente, en este estado el fruto esta firme y resistente mejor el transporte y almacenamiento.

Atendiendo a lo recomendado en la bibliografía, y dado que no fué posible procesar enseguida de su recolección, la fruta se mantuvo en una cámara de refrigeración a una temperatura de $5 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y una humedad relativa del 90%. La guayaba se procesó en los cuatro días que siguieron a su recolección.

Desde 1978 se viene realizando en el Departamento de Fisiología de Precosecha de la Comisión Nacional de Fruticultura un estudio que pretende la selección de tipos criollos de guayaba, para la realización de este estudio se recolectó fruta de diferentes árboles - que ya habían sido analizados, y se trabajó separadamente en forma de lotes, para poder así apreciar si existían diferencias entre ellos.

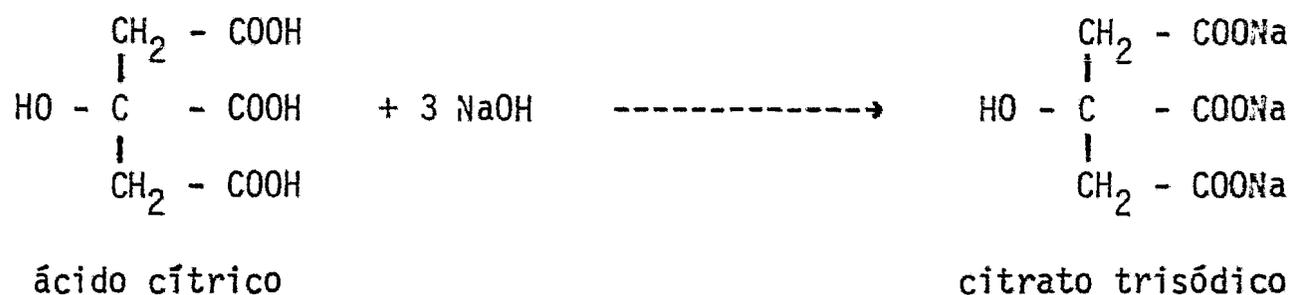
Análisis de materia prima

Con el fin de caracterizar a la materia prima se efectuaron - los siguientes análisis.

- Tamaño del fruto (longitud y diámetro)
- Peso del fruto
- Peso del casco
- Peso de las semillas
- % de Acidez total titulable
- pH
- % de Sólidos solubles
- % de Azúcares reductores directos
- % de Azúcares reductores totales
- Contenido de ácido ascórbico

% de Acidez total titulable (%ATT)

Se determinó de acuerdo con el método recomendado por el AOAC. Se titula una muestra de la pulpa diluída con agua destilada, con una solución valorada de NaOH 0.1 N hasta llegar a un pH de 8.3 que es en donde se alcanza la neutralización de todos los carboxilos libres del ácido cítrico, principal componente de la acidez de la guayaba. Se empleó fenolftaleína como indicador ya que tiene un pH devire entre un pH de 8.0 y 8.3.



El % de acidez total titulable se reportó como % de ácido cítrico.

pH

El pH se determinó directamente en una muestra de pulpa con un potenciómetro Crening modelo 7, calibrando con una solución amortiguadora de pH 4.0.

% de Sólidos solubles (%SS)

Para determinar el contenido de sólidos solubles en la pulpa de guayaba se realizó una medición directa en un refractómetro Zeiss Opton, reportándose como °Bx.

% de Azúcares reductores directos (%RD)

La determinación de azúcares reductores directos se realizó de acuerdo con el método volumétrico AOAC Lane-Eynon. Esta determi-

nación se basa en la reducción de cobre de la solución de Fehling por el azúcar reductor a ácido cuproso insoluble. El contenido de azúcares reductores se calcula determinando el volumen de solución de azúcar de concentración desconocida requerido para reducir completamente un volumen conocido de solución de Fehling.

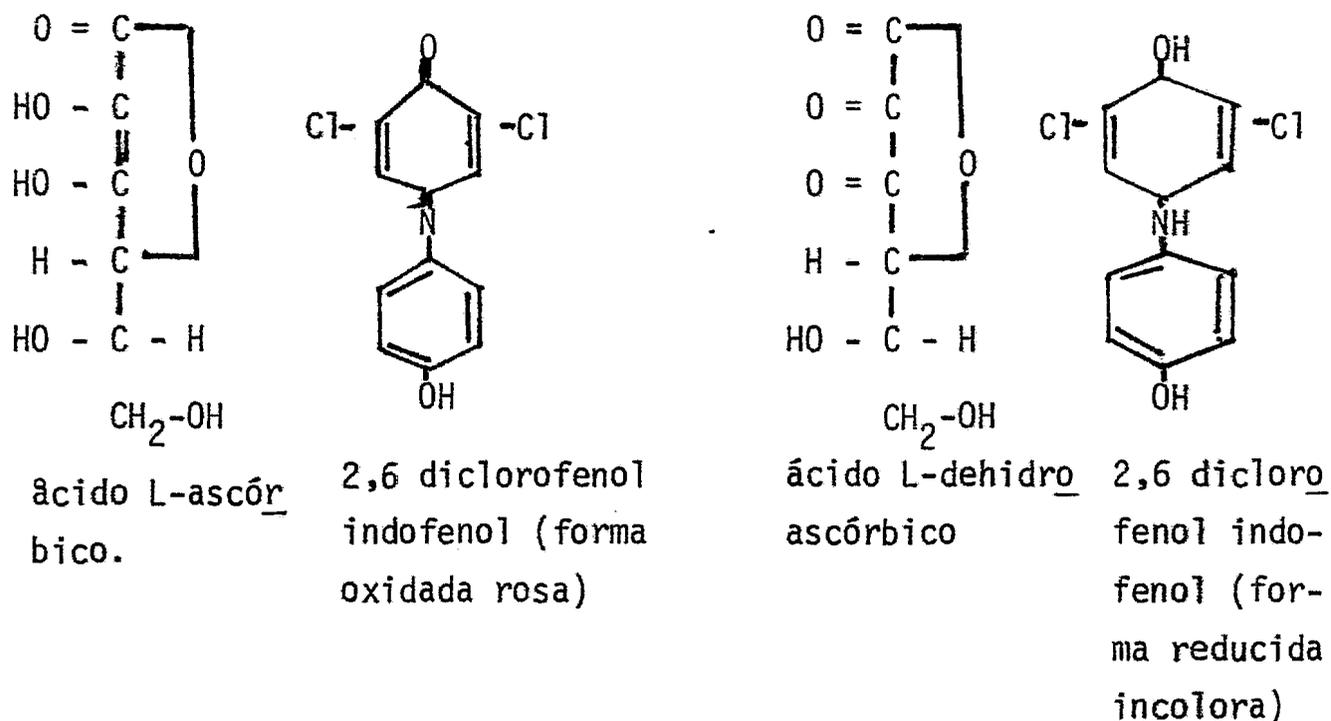
% de Azúcares reductores totales (%RT)

Esta determinación se realizó de igual manera que el % de azúcares reductores directos, previa inversión de la muestra.

Contenido de ácido ascórbico (AA)

Para determinar el contenido de ácido ascórbico se empleó el método básico de extracción con xileno modificación Robinson y Sotz. Este es un método colorimétrico útil para el análisis de un material fresco o almacenado en el cual se tienen sustancias que interfieren en la determinación. El ácido ascórbico se extrae con una solución de HPO_3 al 3% y se le añade un amortiguador de fosfatos de pH 4.0 - que mantiene la acidez adecuada para que se lleve a cabo la reacción, evitándo al mismo tiempo la oxidación del mismo a ácido dehidroascórbico. Una vez extraído el ácido ascórbico se agrega un exceso del reactivo 2,6 diclorofenol indofenol; después de efectuada la reacción se extrae el exceso de este reactivo con xileno y se deter

mina colorimétricamente a 520 nm contra un blanco de xileno puro. - La concentración de la muestra problema se obtiene por interpolación en una curva estándar previamente efectuada.



Evolución de las características químicas durante el almacenamiento

Para observar la evolución de las características químicas durante el almacenamiento de la fruta, bajo condiciones de refrigeración ($5 \pm 2^\circ\text{C}$, con una humedad relativa del 90%) se realizaron los análisis químicos ya mencionados cada tercer día a lo largo de dos semanas bajo las condiciones establecidas para tal efecto.

Obtención de la pulpa

La extracción de la pulpa se realizó de acuerdo con el siguiente diagrama:



Selección

La selección se realizó para eliminar fruta dañada, contaminada, muy sobremadura o muy verde, y así tener uniformidad en cuanto a la madurez de la fruta.

Lavado

Es importante ya que la guayaba se procesa con cáscara; para el lavado se empleó una solución de hipoclorito de sodio para tener una concentración de Cl_2 de 50 ppm. Enseguida se enjuagó la fruta para eliminar cualquier residuo de cloro y tierra que pudiera

quedar adherido; para esta operación se emplearon recipientes de plástico.

Despunte

Las puntas se eliminan para que no vayan a impartir un color extraño a la pulpa, para esta operación se emplearon cuchillos de acero inoxidable.

Rebanado

Se realizó manualmente también con cuchillos de acero inoxidable; las guayabas se cortaron en cuatro partes para facilitar su alimentación a la despulpadora.

Despulpado

Para esta operación se utilizó una despulpadora Chyholm-Ryder provista con una malla de 1.57 mm de orificio.

Se realizaron dos pasos por la despulpadora, ya que se observó que una sola vez no era suficiente para separar eficientemente pulpa y semillas.

Refinado

Para reducir el tamaño de las células pétreas y mejorar la consistencia de la pulpa. ésta se pasó a través de un molino coloidal.

Análisis de la pulpa

Se realizaron los siguientes análisis en pulpa refinada:

- pH
- % de Acidez total titulable
- % de Sólidos solubles
- % de Azúcares reductores directos
- % de Azúcares reductores totales
- Contenido de ácido ascórbico

Las determinaciones anteriores son las recomendadas por el AOAC, y las técnicas individuales ya se explicaron en el análisis de fruta fresca.

Tratamientos de conservación

Una vez que se obtuvo la pulpa refinada se sometió a los siguientes tratamientos de conservación:

- Congelación
- Sulfitación
- Pasteurización
- Esterilización
- Concentración

Congelación

Para efectuar la congelación se emplearon dos tipos de pulpa;

- Pulpa obtenida de guayabas sin ningún tratamiento previo
- Pulpa obtenida de guayabas escałdadas previamente en agua a 92°C durante 5 minutos.

La pulpa se almacenó sin adicionar ningún aditivo químico en bolsas de polietileno y recipientes de plástico con una capacidad de 10 kg en una cámara de congelación a una temperatura entre -10°C y -20°C.

Mensualmente y a lo largo de un período de seis meses se efectuaron los análisis químicos mencionados para la pulpa.

Sulfitación

De acuerdo con la bibliografía consultada se seleccionaron dos concentraciones de SO₂: 1 500 y 2 000 ppm, que se adicionaron en forma de metabisulfito de sodio.

La pulpa sulfitada se almacenó en recipientes de plástico de 5 kg de capacidad en una cámara de refrigeración a una temperatura de 5 ± 2°C.

Los análisis químicos correspondientes se realizaron a lo largo de un período de seis meses, la determinación de ácido ascórbico se efectuó empleando la modificación con peróxido para productos que han sido sulfitados.

Además se determinó el contenido de SO₂ en esta pulpa empleando el método de Ripper; éste método consiste en la valoración del

SO₂ con una solución de I₂ de normalidad conocida y empleando almidón como indicador. (Ranganna 1978).

Pasteurización

Debido a que no se pudo contar con un intercambiador de calor, la pasteurización de la pulpa de guayaba se efectuó siguiendo el procedimiento recomendado por Sánchez-Nieva (1958 y 1960) para la pasteurización por lotes.

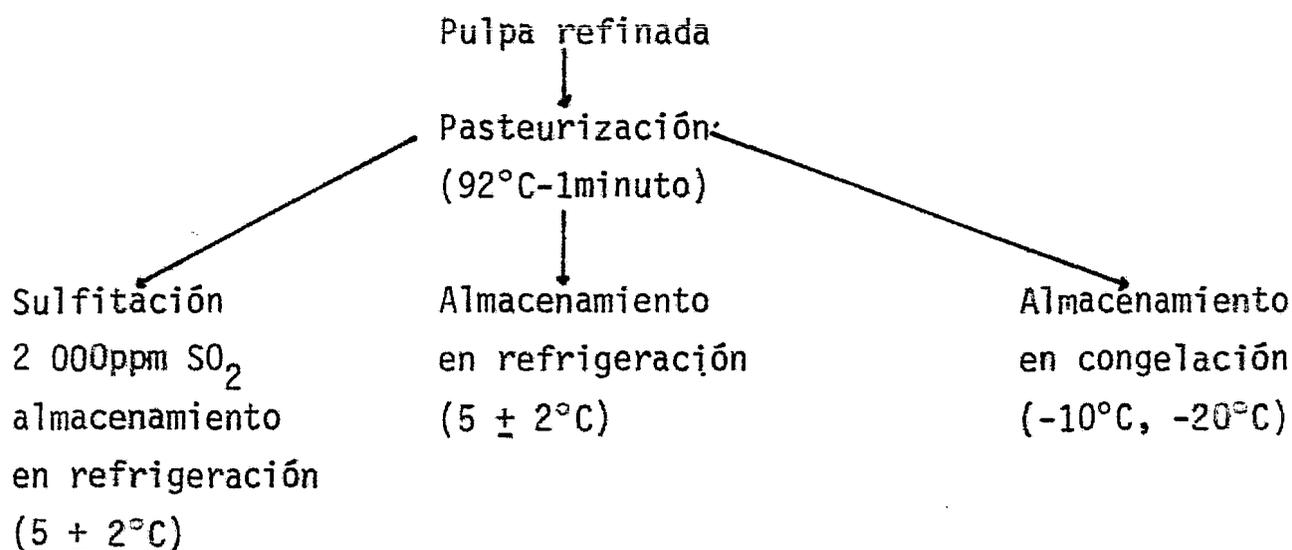
La pulpa se calentó en una paila con camisilla de vapor hasta alcanzar una temperatura de 92°C durante un minuto, enseguida se pasó la pulpa a bolsas de polietileno, se sellaron y colocaron en recipientes de plástico, llevándose posteriormente a una cámara de congelación en donde permanecieron 5 horas; esto con el fin de lograr un enfriamiento más rápido.

La pulpa se dividió en dos partes; a una parte se le adicionó metabisulfito de sodio para tener una concentración de 2 000 ppm de SO₂ y a la otra no se le adicionó ningún conservador.

La pulpa adicionada de conservador se mantuvo almacenada en una cámara de refrigeración a una temperatura de $5 \pm 2^\circ\text{C}$.

La pulpa que no se adicionó de conservador se subdividió también en dos partes: la primera se mantuvo almacenada a temperatura de refrigeración ($5 \pm 2^\circ\text{C}$) y la segunda parte se mantuvo almacenada en una cámara de congelación a una temperatura que oscilaba entre -10°C y -20°C .

A lo largo de un período de seis meses se realizaron los análisis químicos correspondientes.



Esterilización

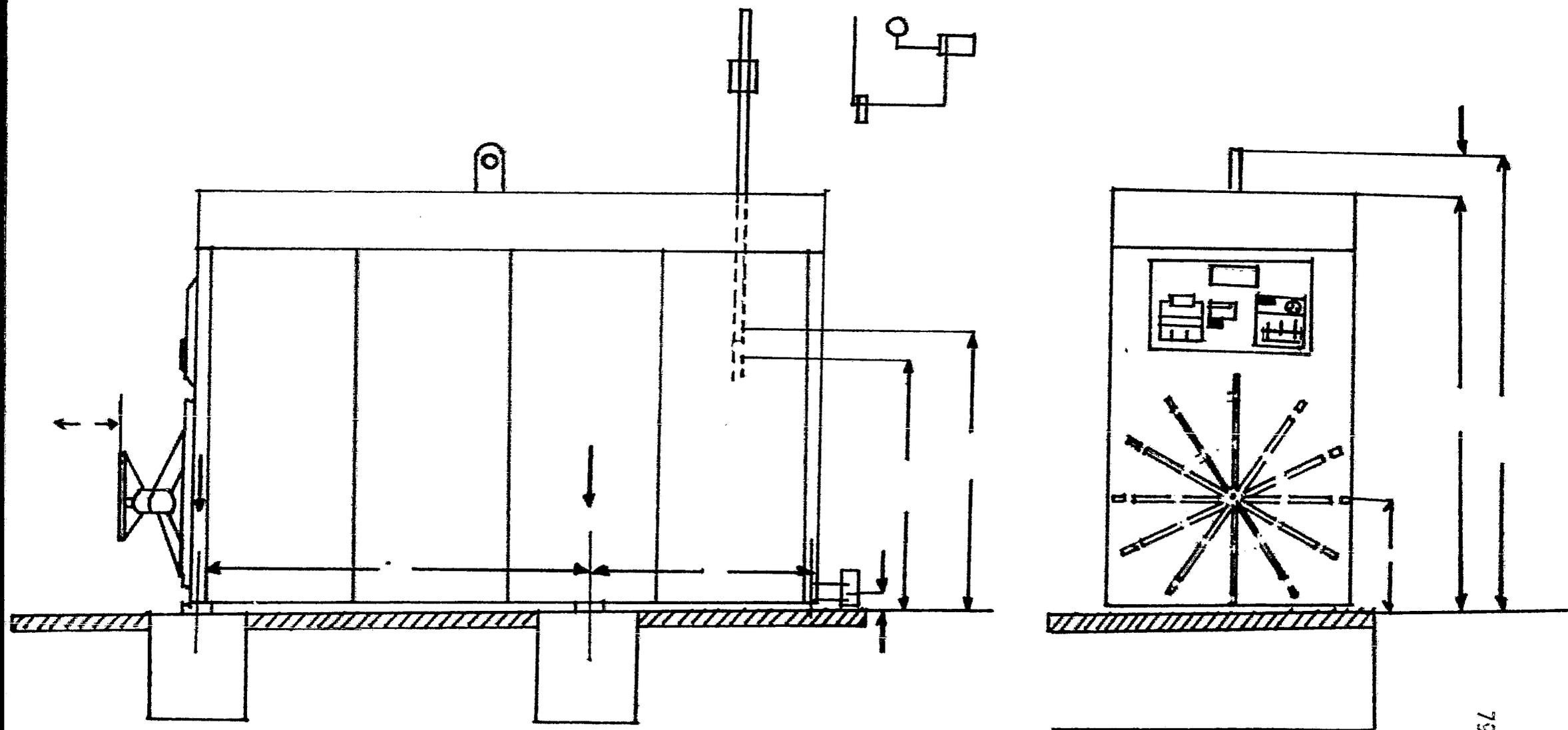
Para esterilizar la pulpa de guayaba se empleó una retorta horizontal Stock-rotomática, provista de termopares y un registrador de temperaturas. En la figura 5 se muestra un esquema descriptivo de este equipo.

Se emplearon latas de 500 g de capacidad (303 X 406). La base para determinar el tiempo de proceso fue el *Clostridium pasteurianum*; se eligió este microorganismo por ser uno de los más termorresistentes que pueden desarrollarse al pH que tiene la pulpa de guayaba.

Este microorganismo está caracterizado por: $z = 16$; $D_{212} = 0.5$ a 0.1 y $F_{200} = 1.3$ a 1.0.

El tiempo de proceso se determinó por el método de Ball el cual se resume a continuación.

FIGURA 5
EQUIPO UTILIZADO PARA LA ESTERILIZACION DE
PULPA DE GUAYABA



Con el historial térmico se elabora una curva semilogarítmica de calentamiento (figura 6); la ecuación de Ball que describe la porción recta de esta curva es:

$$B = f_h \log j_{ch} I_h / g_c \quad (21)$$

en donde:

B = tiempo de proceso en minutos, sin considerar el tiempo requerido para que la retorta alcance la temperatura de proceso.

f_h = tiempo en minutos requerido para que la porción recta de la curva semilogarítmica de calentamiento atraviese un ciclo logarítmico.

j_{ch} = factor de retardación del calentamiento.

$$j_{ch} = T_r - T_{pih} / T_r - T_{ih} \quad (22)$$

T_r = temperatura de retorta.

T_{pih} = temperatura pseudoinicial de calentamiento; es la intersección con el eje vertical de la extensión de la porción recta de la curva semilogarítmica de calentamiento.

T_{ih} = temperatura del alimento al tiempo cero de calentamiento.

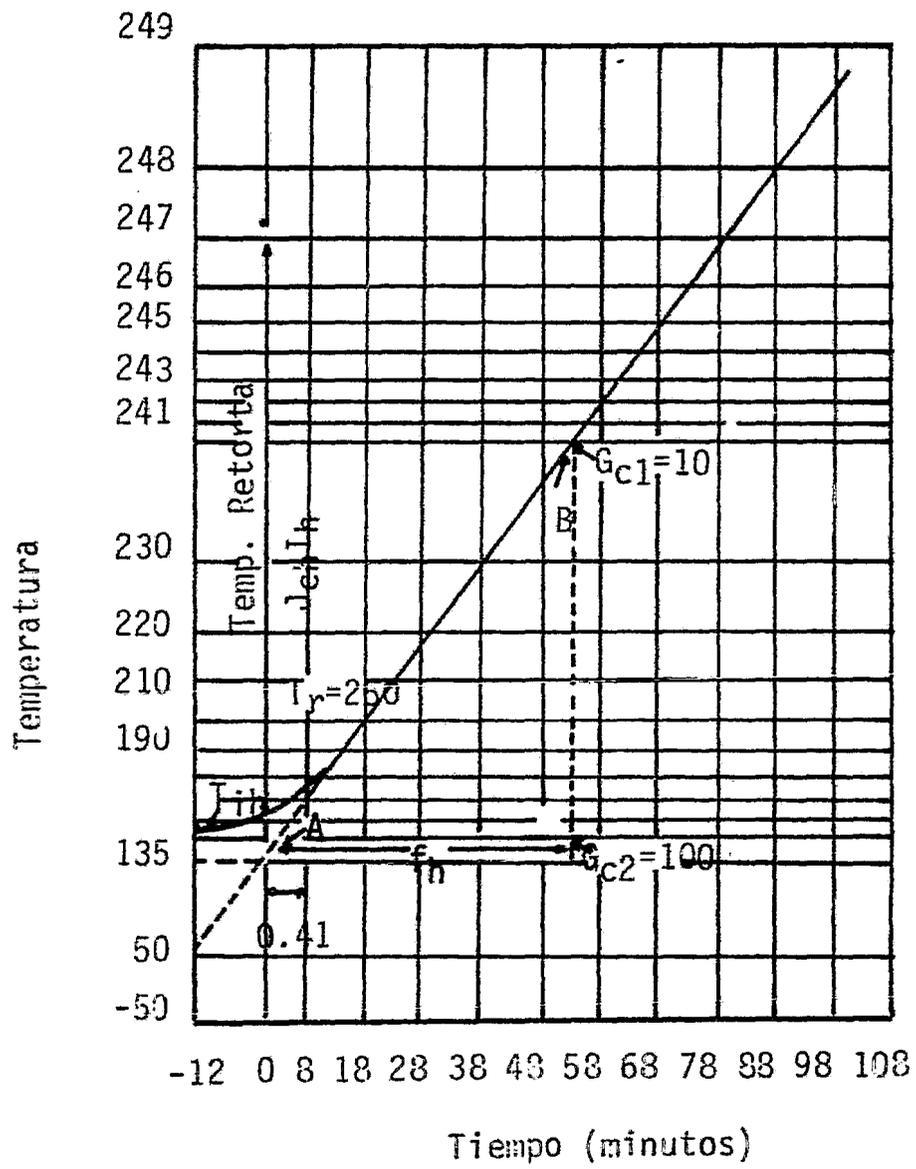
I_h = diferencia en grados Fahrenheit entre la temperatura de retorta y la temperatura inicial del alimento, esto es:

$$I_h = T_r - T_{ih} \quad (23)$$

por tanto:

$$j_{ch} I_h = T_r - T_{pih} \quad (24)$$

FIGURA 6
CURVA SEMILOGARITMICA DE
CALENTAMIENTO



g_c = diferencia en grados Farenheit entre la temperatura de retorta y la máxima temperatura alcanzada por el alimento en el centro geométrico del contenedor.

La relación de g_c con f_h/U describe el calor letal conferido durante el enfriamiento. U es el tiempo requerido a la temperatura de retorta para lograr la misma inactivación bacteriana que un proceso térmico con un valor dado de F . (Stumbo 1973).

$$U = F F_i \quad (25)$$

Generalmente el valor de F se considera a una temperatura de referencia de 250°F.

Stumbo y Longley (1965) desarrollaron unas tablas en las que se relaciona $f_h/U : g_c$ con el valor z .

Contando con los datos requeridos, se puede conocer el tiempo de proceso necesario para lograr la esterilidad comercial del producto.

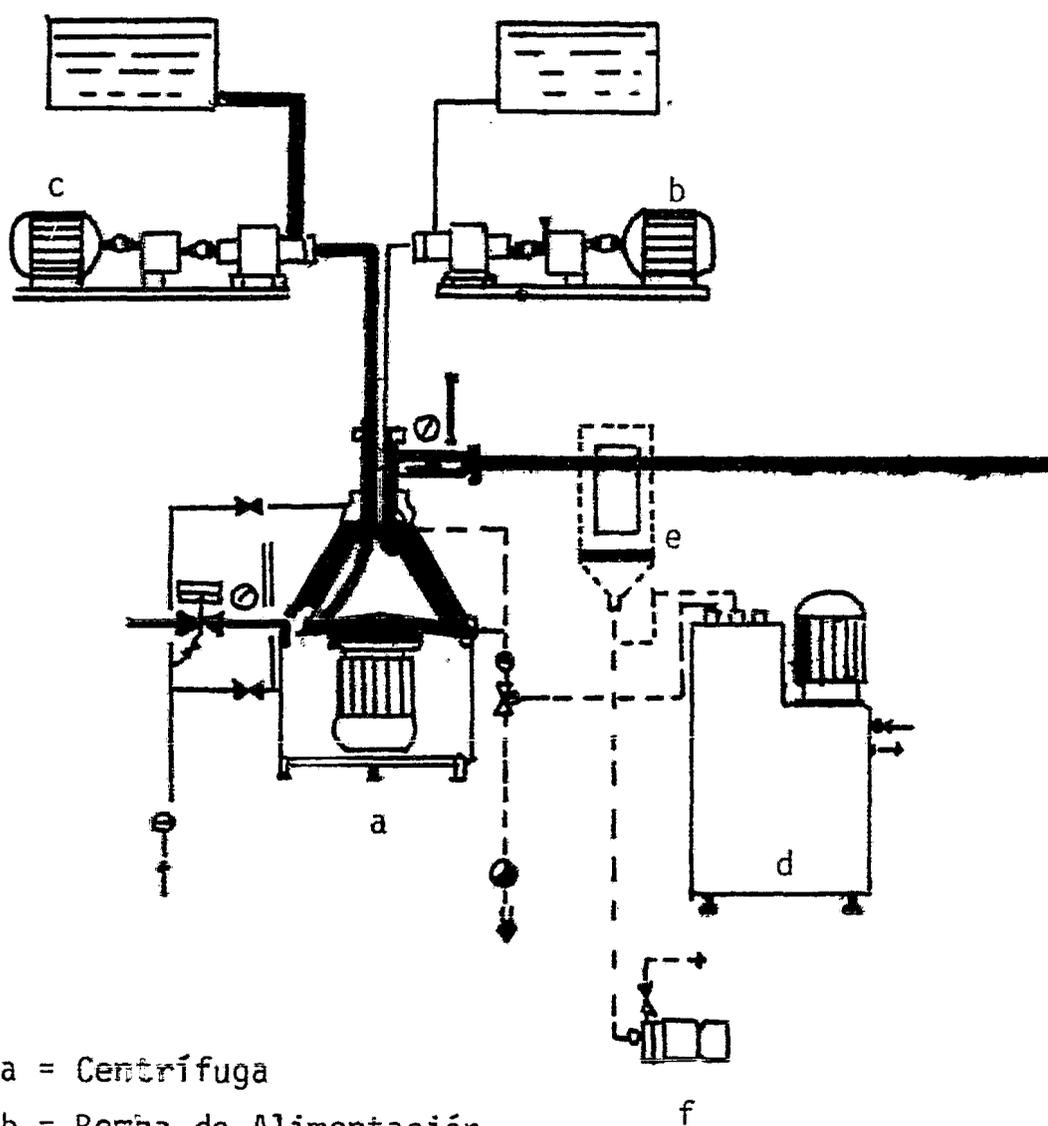
En nuestro caso, una vez calculado el tiempo de proceso se aplicó, y en las latas obtenidas se efectuaron los análisis químicos correspondientes; después de haberse procesado, a los tres y a los cinco meses de almacenamiento a temperatura ambiente ($21 \pm 4^\circ\text{C}$).

Concentración

Para la concentración de la pulpa de guayaba se utilizó un evaporador Centri-therm modelo CT-1B-2 de Alfa Laval. El esquema descriptivo de este equipo se muestra en la figura 7.

FIGURA 7

EQUIPO UTILIZADO PARA LA CONCENTRACION DE PULPA DE GUAYABA.



- a = Centrífuga
- b = Bomba de Alimentación
- c = Bomba de Concentrado
- d = Bomba de Vacío
- e = Bomba de Condensador
- f = Bomba de Condensados

Este aparato consta de una centrífuga cuyo tambor rotativo - tiene la forma de un cono truncado de doble pared; por esta doble-pared es introducido vapor como medio de calentamiento. La velocidad de rotación del cono es del orden de 1 500 rpm.

El fluído a ser concentrado es bombeado por la bomba de alimentación al interior del cono, debido a la fuerza centrífuga, el fluído se esparce inmediatamente formando una fina película que atraviesa dicha superficie en escasos segundos; durante este lapso, se lleva a cabo la evaporación.

El producto concentrado es descargado mediante un tubo de -- descarga y bombeado al exterior. El vapor desprendido durante la e vaporación se enfría en un condensador y se bombea para desecharse. En este equipo la evaporación se puede efectuar al vacío.

A fin de conocer las condiciones de operación del equipo se efectuaron varios ensayos preliminares. Para estos se utilizó pulpa despectinizada (Clerzyme-100, 1% con incubación de 2 horas a -- 40°C) y pulpa sin despectinizar. En la bibliografía se recomienda la despectinización para disminuir la viscosidad de la pulpa.

En estos ensayos, se pudo medir el color de la pulpa, por lo que los parámetros de cromaticidad sirvieron también para la elección de las condiciones operatorias del equipo.

El contenido final de agua y sólidos no es suficiente para - mantener la estabilidad del producto, es necesario el añadir conservadores; en la bibliografía se menciona el sorbato de potasio a una concentración de 1 000 ppm.

Análisis estadístico del comportamiento del ácido ascórbico durante el almacenamiento

Se consideró pertinente el efectuar análisis de varianza -- (ANOVA) a los datos de contenido de ácido ascórbico encontrados pa ra cadauno de los diferentes tratamientos con respecto al tiempo - de almacenamiento.

Para esto se empleó el modelo de bloques al azar, este mode- lo se introdujo para disminuir la variabilidad que presentan los e rrores en el modelo estadístico, mediante la identificación de --- ciertos factores tales como los lotes que producen variación en -- las mediciones.

Los lineamientos para el desarrollo matemático de este mode- lo son:

$$Y_{ij} = u + T_i + L_j + E_{ij}$$

$$i = 1, 2, \dots \dots \dots n$$

$$j = 1, 2, \dots \dots \dots n$$

en donde:

Y_{ij} = contenido de ácido ascórbico al tiempo i - del lote j .

u = efecto de la media general

T_i = efecto del tiempo i -ésimo

L_j = efecto del lote j -ésimo (es en donde entra el concepto del bloqueo)

E_{ij} = error aleatorio que surge por el efecto -- conjunto de todos los factores no controlables por el diseño y que causan heterogeneidad en las mediciones.

Está asociado al contenido de ácido ascórbico al tiempo i -ésimo del lote j -ésimo.

La hipótesis propuesta es:

$$H_0 : T_0 = T_1 = T_2 = T_3 = T_4 = T_5 = T_6$$

Para probar dicha hipótesis se empleó el siguiente cuadro de ANOVA.

Fuente de variación (FV)	Grados de libertad (GL)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	Fcalculada (FC)
Entre meses (T)	$T - 1$	$\frac{Y_{i.}^2}{L} - \frac{Y_{..}^2}{LT}$	$\frac{SCT}{GLT}$	$\frac{CMT}{CME}$
Entre lotes (L)	$L - 1$	$\frac{Y_{.j}^2}{T} - \frac{Y_{..}^2}{LT}$	$\frac{SCL}{GLL}$	$\frac{CML}{CME}$
Debido al error (E)	$(T-1)(L-1)$	$SCTA - SCT + SCL$	$\frac{SCE}{GLE}$	
Total ajustado por la media (TA)	$(LT - 1)$	$Y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{LT}$		

El criterio de rechazo de la hipótesis propuesta es:

$$FC \quad F^{(1-\alpha)} \\ (T-1, GLE)$$

Si no se rechaza ésta, es decir que el valor FC sea menor que el reportado en las tablas de distribución F se concluye que no -- existen diferencias significativas al nivel de significancia establecido, se puede decir que la variabilidad en el contenido de ácido ascórbico a lo largo del almacenamiento es del mismo orden de magnitud que el de los errores; pueden haber diferencias pero estas no son de tal orden de magnitud que pueden despreciarse desde un punto de vista práctico.

Si se rechaza la hipótesis propuesta, se concluye que existen diferencias significativas a lo largo del tiempo de almacenamiento al nivel de significancia dado.

Cuando se rechaza la hipótesis, es conveniente aplicar a los datos el método de comparaciones múltiples de Tukey, con el fin de hallar en donde se encuentran estas diferencias.

El método está basado en las comparaciones entre pares de -- los valores promedio (\bar{Y}_i) de cada lote a los diferentes tiempos de almacenamiento, la hipótesis a probar en este caso es que:

$$H_0 : \bar{Y}_i = \bar{Y}'_i$$

Siendo el criterio de rechazo a seguir:

$$\bar{Y}_i - \bar{Y}'_i \quad DMSH = q^{(1-\alpha)} \cdot \sqrt{\frac{CME}{L}} \\ (T, GLE)$$

siendo:

DMSH = diferencia mínima significativa honesta

$q_{(1-\alpha)}(T, GLE)$ = valor encontrado en tablas de rangos estudentizados - para el método de Tukey.

Determinación de los parámetros cinéticos

Los tratamientos descritos anteriormente comprendieron la -- primera parte del presente estudio; la segunda parte comprendió la determinación de los parámetros cinéticos que caracterizan la de-- gradación térmica del ácido ascórbico, color y consistencia en pu] pa de guayaba.

Existen dos alternativas a seguir en la metodología (Lenz y Lund 1980), y son:

- Procedimiento del estado estable
- Procedimiento del estado inestable

Procedimiento del estado estable

En este procedimiento se emplean comunmente latas TDT (006 X 208) o tubos (7 mm de diámetro por 18 cm de longitud). Estos se ca lientan rápidamente a la temperatura de proceso y es fácil de mane jar el tiempo de permanencia. La degradación que ocurre durante los períodos de retardación del calentamiento y enfriamiento se regis tran por medio de controles.

Se le conoce como estado estable debido a que el producto den tro de este tipo de recipientes mantiene una temperatura constante

a lo largo del proceso. Con el empleo de este procedimiento el análisis de los datos se simplifica enormemente.

Para cada combinación tiempo-temperatura se deben de procesar un número suficiente de recipientes para tener una muestra adecuada para el análisis, el cual se efectúa después del procesamiento para determinar la concentración del factor estudiado.

Estos datos y las condiciones de proceso pueden ser analizados directamente; de manera general una cinética de primer orden - describe la degradación de la mayoría de los componentes de un alimento.

Procedimiento del estado inestable

En este procedimiento puede emplearse cualquier tipo de envase para el procesamiento; y con uno solo se provee de muestra suficiente para el análisis. La degradación que ocurre en los períodos de retardación del calentamiento y enfriamiento es parte de los datos que se analizan.

Con el empleo de este procedimiento los cálculos del modelo-cinéticos son mucho más complejos. De resultados obtenidos con ambos procedimientos se ha visto que son igualmente precisos. (Lenz y Lund 1980)

Selección de las condiciones experimentales

Una cuidadosa selección de los tiempos y temperaturas experimentales minimizará el esfuerzo requerido para la determinación de los parámetros cinéticos.

Temperatura.- En base a consideraciones estadísticas; un intervalo de temperaturas lo más amplio posible subdividido en cinco a seis-temperaturas experimentales resulta ser los más adecuado.

Tiempos.- Es necesario conocer previamente la vida media del componente estudiado. Los tiempos de calentamiento se espacian lo equivalente a una vida media.

Número de tiempos de calentamiento.- De dos a tres tiempos de calentamiento por temperatura es lo más adecuado. (Lenz y Lund 1980).

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores, en este estudio se decidió emplear el procedimiento del estado estable; debido a la fácil manipulación de los datos y a la exactitud de los resultados obtenidos.

Se emplearon tubos de ensayo Pyrex de 75mm de diámetro por 10 cm de longitud. Los siguientes puntos se consideraron:

- Siempre se colocó una cantidad determinada de pulpa de guayaba.
- El calentamiento se efectuó en un baño agitado y se controló la temperatura por medio de un termostato.
- La temperatura inicial de la muestra siempre fué la misma.
- Se procuró un rápido enfriamiento por medio de una mezcla de hielo, sal y acetona.

Acido ascórbico

Las condiciones experimentales en la determinación de los parámetros cinéticos que caracterizan la degradación de ácido ascórbico en pulpa de guayaba fueron los siguientes:

Cantidad de muestra empleada: 2 ml.

Intervalo de temperaturas de calentamiento: 60°C - 100°C.

Temperaturas experimentales: 60, 70, 80, 90 y 100°C.

Tiempos de calentamiento: 0.5, 1, 2, 3, 4, 5 y 6 horas

Para corregir la concentración inicial de ácido ascórbico se tomaron muestras controles.

El análisis de ácido ascórbico en las muestras se realizó de acuerdo al método de extracción con xileno ya mencionado, empleán-do la modificación de condensación con formaldehído para corregir-los errores que provocan las sustancias reductoras diferentes del-ácido ascórbico que se producen a consecuencia de un tratamiento -térmico.

Color

El color es uno de los atributos sensoriales de mayor impor-tancia en los alimentos; es un índice indirecto de la calidad gene-ral de un producto alimenticio.

El color puede definirse como: "La impresión que los rayos -de la luz reflejados por un cuerpo producen en el sentido de la vista por medio de la retina del ojo". De esta definición se implica-

que se requieren dos elementos básicos para la existencia del color y estos son la luz y un observador.

Al hablar de luz nos referimos a la parte del espectro electromagnético que es percibida por el ojo humano (380-770 nm); el observar o no el color de un cuerpo depende de la cantidad y calidad de luz que le ilumine; es importante señalar que la luz no confiere color a un objeto sino que, hace posible la percepción del color mismo.

Se mencionó también a un observador; pero resulta importante definir las características de ese observador ya que pueden variar, debido a esta variabilidad la CIE (Commission International de -- L'Eclairage) ha definido estándares de iluminación y un observador normal a fin de que existan puntos comunes de referencia cuando se hable de color. (Kramer y Twigg 1966). Además se establece que el objeto debe ser iluminado de manera que el ángulo de incidencia sea de 45° y la observación se haga perpendicular a la muestra.

Se ha encontrado que tanto desde el punto de vista físico como psicológico, el color se percibe como una excitación consistente de tres estímulos básicos, que a continuación se detallan. (Kramer y Twigg 1966).

Al incidir un rayo de luz sobre una superficie, parte del mismo puede ser absorbido, transmitido, refractado o reflejado; dependiendo de las características de la superficie receptora. Si la mayor parte de un rayo de luz es reflejada el objeto aparece blanco a nuestros ojos; por el contrario, si la mayor parte de la luz-

es absorbida, el objeto aparece negro ante nuestros ojos. Este primer estímulo se conoce como "Luminosidad" y se define como la proporción aparente de luz incidente absorbida o reflejada por un objeto que sitúa a éste en una escala del blanco al negro.

El segundo estímulo en la definición psicofísica del color - es el "Tono". Este atributo está relacionado directamente con la longitud de onda predominante en el haz de luz reflejado y percibido por el ojo humano.

El tercer estímulo del color se refiere a la mayor o menor proporción de la longitud de onda o tono predominante en el haz reflejado y se conoce como pureza, intensidad o saturación.

El brillo es una propiedad que presentan los objetos según sea su reflectancia especular o difusa. Los objetos que presentan brillo son aquellos que reflejan la luz de manera especular, o sea a manera de espejo o en un solo haz y en una sola dirección, en -- cambio los objetos que aparecen opacos son los que presentan reflexión difusa, es decir los que reflejan la luz de igual manera en toda dirección o ángulo.

Medida física	Término sensorial equivalente
Energía radiante	Luz
Reflectancia	Luminosidad, valor
Longitud de onda dominante	Tono, color
Pureza	Croma, intensidad, saturación
Reflectancia direccional	Brillo

La medida del color implica el expresar los conceptos anteriores en término de dimensiones numéricas que midan los tres atributos del color. Existen diversos sistemas para medir el color, siendo los más conocidos:

- Sistema CIE
- Sistema Hunter
- Sistema Munsell
- Sistema Lovibond
- Comparación con estándares visuales

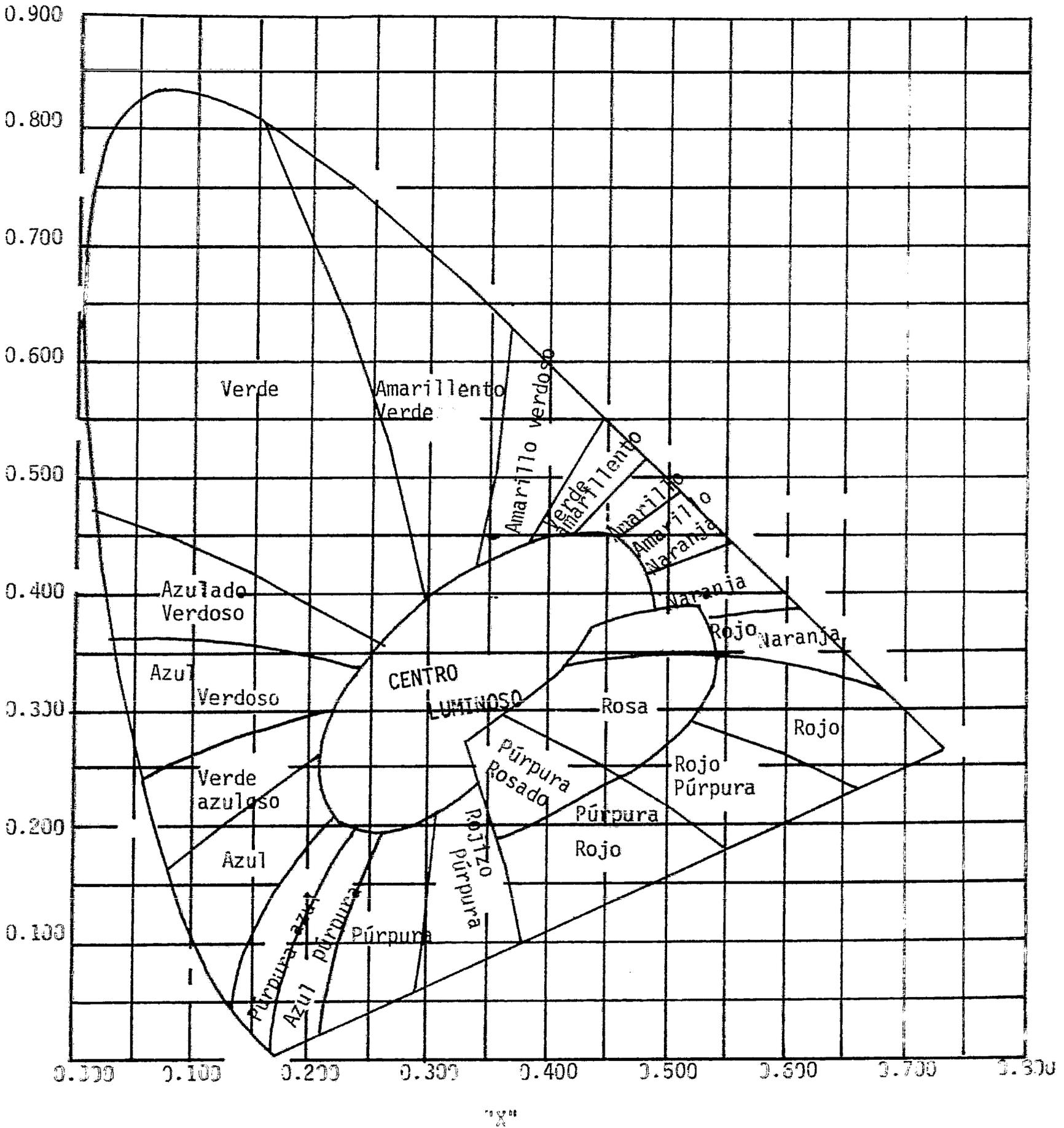
El sistema CIE es internacionalmente reconocido.

En este sistema el color se especifica en términos de tres valores primarios X (rojo), Y (verde) y Z (azul). La Y se utiliza como índice de luminosidad.

Los valores x , y , z que se determinan a partir de X, Y, Z se conocen como coordenadas de cromaticidad. Estas coordenadas se utilizan para localizar un color dado en el diagrama de cromaticidad de la CIE (figura 7A); el color del objeto queda por tanto definido en términos de especificaciones oficial e internacionalmente reconocidas y aceptadas.

Una curva espectrofotométrica que relacione la longitud de onda y la intensidad a través de una parte del espectro visible da una especificación física del color y hace posible el cálculo de las coordenadas de cromaticidad del sistema CIE.

DIAGRAMA DE CROMATICIDAD



El color de las muestras de pulpa de guayaba sometida a las diferentes combinaciones tiempo-temperatura se determinó mediante curvas espectrofotométricas; obtenidas de las muestras en un espectrofotómetro Bausch and Lomb Spectronic 20 con dispositivo para medir reflectancia.

Las condiciones de este experimento fueron las mismas que -- las empleadas en el caso de ácido ascórbico.

Consistencia

Las condiciones experimentales para determinar la cinética - de degradación de la consistencia fueron las siguientes:

Cantidad de muestra empleada: 4 ml

Intervalo de temperaturas de calentamiento: 60°C - 100°C.

Tiempos de calentamiento: 0.5, 1, 2, 3, 4 y 5 horas.

Temperaturas experimentales: 60, 70, 80, 90 y 100°C.

En este experimento se emplearon tubos de ensayo de 12 X 100.

La determinación de consistencia se realizó a través de la - viscosidad relativa a una temperatura de 20°C.

RESULTADOSAnálisis de materia prima

Teniendo en cuenta, que para fines de transformación resulta de suma importancia el conocer las características iniciales de la materia prima a utilizar, se realizaron los análisis fisicoquímicos mencionados en el capítulo anterior; obteniéndose los datos que se dan a conocer en los cuadros XIV y XV para las guayabas recolectadas en el mes de Septiembre y XVI y XVII para aquellas recolectadas en el mes de Noviembre; en esta última recolección solo se pudieron analizar dos lotes, debido a la escasa disponibilidad de materia prima en esa fecha.

CUADRO XIV

Análisis químico en materia prima

(Septiembre)

Lote/Análisis	%SS	%ATT	pH	%RD	%RT	AA(mg/100g)
1	9.5	0.962	4.0	5.705	8.401	534.2
2	10.7	0.771	3.9	5.591	9.197	583.32
3	11.5	0.965	3.9	5.158	9.643	439.16
4	10.7	0.828	4.0	4.721	8.922	475.92
5	9.7	0.854	4.0	5.669	7.848	598.39
6	9.5	0.738	4.0	5.364	7.898	732.84
7	10.5	0.860	4.0	6.065	8.965	625.93

CUADRO XV
Análisis Físicos en Materia Prima
(Septiembre)

Análisis/Lote	1	2	3	4	5	6	7
Peso del fruto							
(gramos)	55.21	48.56	50.34	38.97	46.65	35.74	41.97
Peso del casco							
(gramos)	38.42	34.60	34.17	28.18	31.95	23.50	30.75
Peso de Semi - llas (gramos)	16.97	13.96	16.17	10.79	14.73	12.24	11.22
Longitud (cm)	5.22	5.18	4.73	4.24	5.32	4.42	5.19
Diámetro (cm)	4.72	4.52	3.56	3.67	4.68	3.37	4.15
% de casco	69.58	71.25	67.87	72.31	68.42	65.75	73.26
% Rendimiento en pulpa	60.35	63.43	60.08	66.74	63.58	61.13	65.37

CUADRO XVI

Análisis Químicos en Materia Prima
(Noviembre)

Análisis/Lote	I	II
% SS	12.500	14.200
% ATT	0.785	0.970
pH	4.000	4.000
% RD	5.387	6.190
% RT	11.267	11.856
AA (mg/100g)	376.200	419.530

CUADRO XVII

Análisis Físicos en Materia Prima
(Noviembre)

Análisis/Lote	I	II
Peso del fruto (gramos)	63.14	40.96
Peso del casco (gramos)	42.62	27.75
Peso de semi - llas(gramos)	20.52	13.21
Longitud (cm)	5.15	4.35
Diámetro (cm)	4.51	3.54
% de casco	67.50	67.81
% Rendimiento en Pulpa	59.14	58.20

En los cuadros anteriores puede apreciarse claramente el -- efecto que tiene la época de maduración. En la fruta recolectada en el mes de septiembre se observa un menor contenido de sólidos solubles y de azúcares reductores totales ; por tratarse de fruta que maduro - en época lluviosa, a comparación de las frutas recolectadas en el -- mes de noviembre que tuvo una época de maduración seca y por tanto - presenta valores más elevados en éstos componentes.

Por otro lado, como se mencionó en el capítulo de metodolo - gía, la fruta se trabajó por lotes, correspondiendo éstos a diferen - tes árboles de la huerta; que ya habían sido estudiados por el depar - tamento de precosecha de la Comisión Nacional de Fruticultura. El -- trabajar por lotes tenía como finalidad el poder apreciar las dife - rencias que pudiesen existir entre los mismos, es decir, que se pu - diese tratar de diferentes tipos, dado que no existe aún una clasifi - cación de los mismos.

En base a los valores encontrados para las características -- analizadas en cada uno de los lotes, no existen a priori diferencias significativas por lo que puede aproximarse que la totalidad de la - fruta estudiada corresponde a un mismo tipo.

Evolución de las características Químicas durante el almacenamiento

La evolución de las características químicas de la fruta durante su almacenamiento bajo refrigeración ($5 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y 90% H.R.) se obtuvo a través del análisis químico de la misma a lo largo de un período de dos semanas; los resultados obtenidos pueden indicarnos cual es el tiempo óptimo para procesar la fruta, dependiendo del tratamiento posterior a que se someta la misma. Los resultados encontrados se muestran en el cuadro XVIII y en forma gráfica en la figura 8

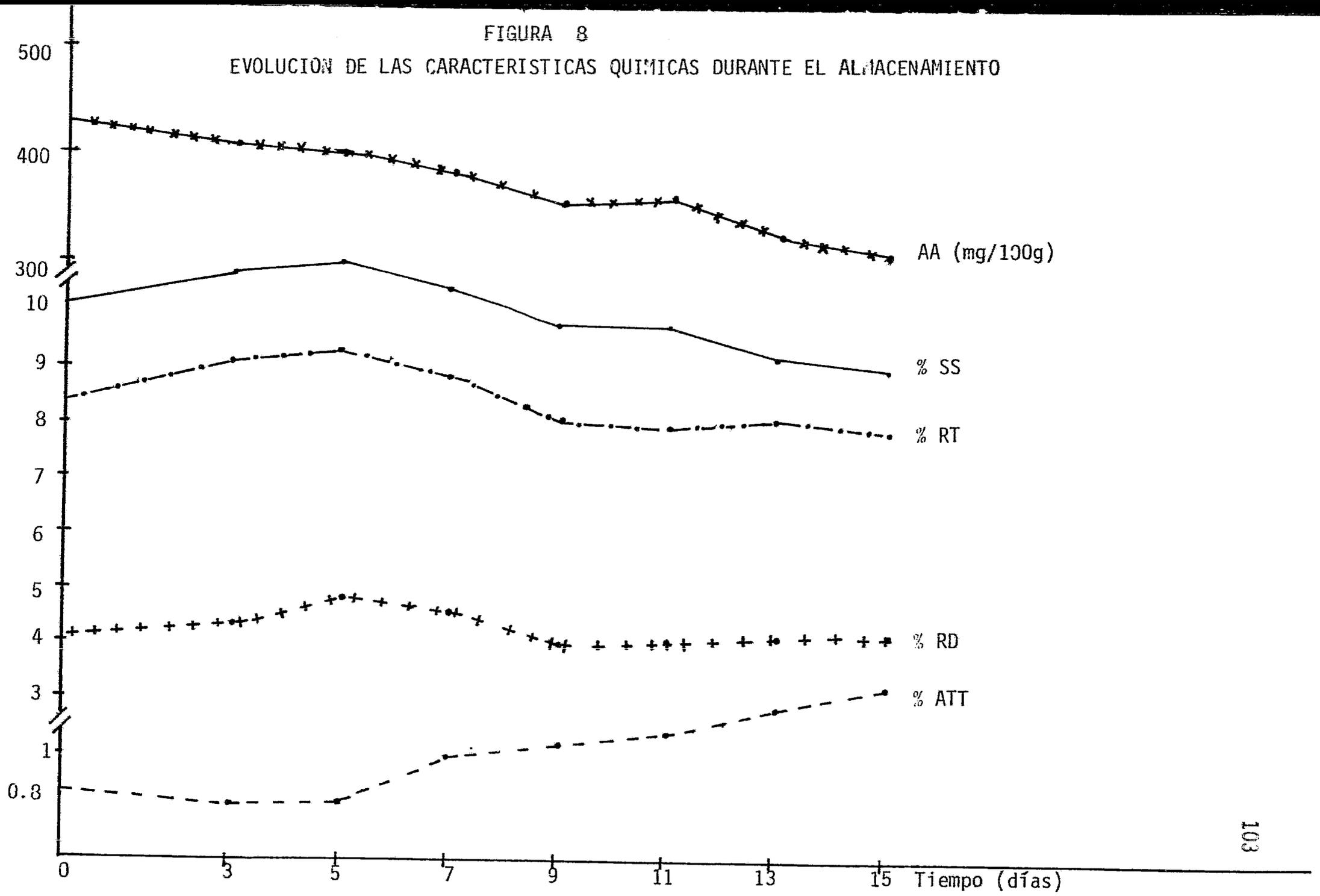
CUADRO XVIII

Efecto del tiempo de almacenamiento sobre los componentes químicos de la guayaba

Días/ Característica	% SS	% ATT	pH	% RD	% RT	AA (mg/100g)	Perdida de AA %
Corte Edo. Sazon	10.2	0.836	4.0	4.183	8.432	428.32	--
3	10.8	0.804	4.0	4.314	9.232	411.31	3.97
5	11.0	0.806	4.0	4.819	9.352	400.18	6.57
7	10.5	0.893	4.0	4.573	8.873	386.47	9.77
9	9.8	0.908	3.9	3.944	8.046	354.56	17.22
11	9.8	0.932	3.9	3.949	7.995	360.68	15.79
13	9.2	0.976	3.9	4.007	8.018	326.44	23.78
15	9.0	1.111	3.9	4.055	7.846	303.29	29.19

FIGURA 8

EVOLUCION DE LAS CARACTERISTICAS QUIMICAS DURANTE EL ALMACENAMIENTO



Resultando sobresaliente en ellos que : la acidez total titulable se mantiene prácticamente constante durante siete días después - de los cuales sobreviene un incremento que se debe principalmente a la actividad microbiana, esto puede corroborarse al observar los valores de pH que, aunque no disminuyen considerablemente si tienen -- una tendencia al descenso, lo mismo sucede con el contenido de sólidos solubles y azúcares reductores totales, que aunque los primeros cinco días de almacenamiento muestran un ligero incremento, disminuyen posteriormente.

En cuanto al contenido de ácido ascórbico hasta el séptimo día se tiene una pérdida del 9.77%; este porcentaje de pérdida casi se - duplica al noveno día, para llegar hasta 29.19% al quinceavo día.

En base a las observaciones anteriores se puede decir , que -- sin importar cual sea el tratamiento posterior al que se someta la guayaba, si se requiere almacenar la fruta antes de su procesamiento, y de utilizarse las mismas condiciones empleadas en este estudio ($5 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y 90% de H.R.) es recomendable que el tiempo de almacena -- miento, desde el corte de la fruta en estado sazón no se prolongue por más de siete días si se desea que la fruta conserve sus caracte -- rísticas y resulte adecuada para el procesamiento. Además se observó que después de una semana bajo las condiciones mencionadas, la cásca ra de la fruta se torna reseca y aparece sobre la superficie de la - misma manchas color café que se deben posiblemente alteraciones por efecto de la temperatura.

Análisis en Pulpa

Una vez obtenida la pulpa de los diferentes lotes se efectuaron los análisis químicos mencionados en el capítulo anterior, antes de someter esta a los diferentes tratamientos de conservación en estudio. Los resultados obtenidos se muestran en los cuadros XIX y XX.

Al comparar los resultados obtenidos en el análisis de fruta fresca (Cuadros XIV y XVI) y en el análisis de pulpa se observa -- que las diferencias que existen entre cada uno de los valores son mínimas. Se debe señalar que el análisis de fruta fresca se efectuó sobre una muestra de 10 frutas seleccionadas al azar de cada lote y los valores para pulpa se refieren a todo un total de un volúmen mucho mayor del orden de 25 Kg, por lo que no se puede asegurar que en las operaciones de lavado, despunte, rebanado, despulpado y refinado no se hayan tenido pérdidas; se puede asegurar lo -- contrario y de hecho sucede, aunque debido a lo anteriormente explicado en los resultados obtenidos no fue posible visualizarlo con presición.

Por ejemplo, en el caso de contenido de ácido ascórbico, du - rante las operaciones de despulpado y refinado se tiene incorpora - ción de aire, lo que seguramente resulta en una pérdida mayor a la registrada para este componente, de manera similar en la operación de lavado seguramente se tienen pérdidas de sólidos solubles que tampoco son apreciadas en los resultados obtenidos.

CUADRO XIX
Análisis Químicos en Pulpa
(Septiembre)

Lote/Análisis	% SS	% ATT	pH	% RD	% RT	AA (mg/100g)
1	9.5	0.977	4.0	5.573	8.425	518.14
2	10.2	0.739	4.0	5.576	9.211	577.54
3	11.5	0.936	4.0	5.206	9.714	445.80
4	10.2	0.848	4.0	4.922	8.983	442.11
5	10.0	0.852	4.0	5.727	7.955	576.03
6	9.5	0.759	4.0	5.417	8.004	707.89
7	10.0	0.873	4.0	6.152	8.953	603.02

CUADRO XX
Análisis Químicos en Pulpa
(Noviembre)

Análisis/Lote	I	II
% SS	13.000	14.000
% ATT	0.799	0.071
pH	4.000	4.000
% RD	5.512	6.004
% RT	11.384	11.539
AA (mg/100g)	354.070	399.450

Tratamientos de Conservación

Una vez obtenida la pulpa de guayaba se aplicaron los siguientes tratamientos de conservación :

- Congelación
- Sulfitación
- Pasteurización
- Esterilización
- Concentración

Congelación

La congelación se efectuó sobre la fruta recolectada en el mes de Septiembre de tal manera que se tuvieron 7 lotes bajo observación.

Tal y como se mencionó en el capítulo de metodología la congelación se efectuó sobre dos tipos de pulpa : Una que se obtuvo de guayabas que habían sido previamente escaldadas en agua a 92°C durante 5 minutos y otra obtenida de guayabas sin ningún tratamiento previo.

En el cuadro XXI se observa el efecto que tiene el escaldado sobre los componentes de la pulpa.

CUADRO XXI

Magnitud de pérdidas debidas al escaldado

Análisis	Antes de Escaldar	Después de Escaldar	Pérdida (%)
% SS	10.3	9.0	12.62
% ATT	0.854	0.698	18.26
pH	4.0	4.0	---
% RD	5.460	3.238	40.69
% RT	8.710	7.127	18.17
AA (mg/100g)	569.96	383.03	32.80

En este cuadro se puede apreciar que el escaldado bajo las condiciones descritas resulta en grandes pérdidas de las características propias de la pulpa, encontrándose los valores más significativo en el contenido de azúcares reductores directos (40.69%) y en el contenido de ácido ascórbico (32.80%), esta magnitud de pérdidas puede deberse principalmente a solubilización y a daños térmicos.

En base a las observaciones anteriores se puede proponer la realización de un estudio específico de escaldado que contemple cada una de las variables que resultan importantes en la retención de las características propias de la fruta y enfatizando sobre todo en el ácido ascórbico.

Por otra parte, se realizaron los análisis químicos mensuales sobre estas pulpas correspondientes a los seis meses que se mantuvieron en almacenamiento a -10°C , -20°C . Los resultados obtenidos se pueden observar en forma grafica en las figuras 9 y 10; en ellas se puede, en primer lugar visualizar el efecto que tiene el escaldado sobre la estabilidad de la pulpa en el almacenamiento; -- en la pulpa obtenida de guayabas previamente escaldadas (Figura 10) se tiene una pérdida de ácido ascórbico del orden de 24 % a comparación del 84.5% que se tuvo para ese mismo compuesto en pulpa obtenida de guayaba sin ningún tratamiento previo (figura 9). En ambos casos el tiempo y condiciones de almacenamiento fueron los mismos.

Los resultados obtenidos para la pérdida de ácido ascórbico son similares a los encontrados por Eduardo A. et al; 39.72%(1976) y por Kenzo K. et al; 26,66%(1976) para pulpa de guayaba congelada y previamente pasteurizada.

La magnitud en la pérdida de este componente en la pulpa obtenida de guayaba sin tratamiento previo es muy significativo; los valores tan bajos encontrados para este componente pueden deberse a degradación enzimática que se vió favorecida por la gran variabilidad que se tuvo en la temperatura de almacenamiento que fluctuaba entre los -10 y -20°C .

Estos resultados demuestran claramente que la operación de escaldado en el caso de congelar pulpa de guayaba es muy importante.

EVOLUCION DE LAS CARACTERISTICAS QUIMICAS EN
PULPA DE GUAYABA CONGELADA SIN ADITIVO

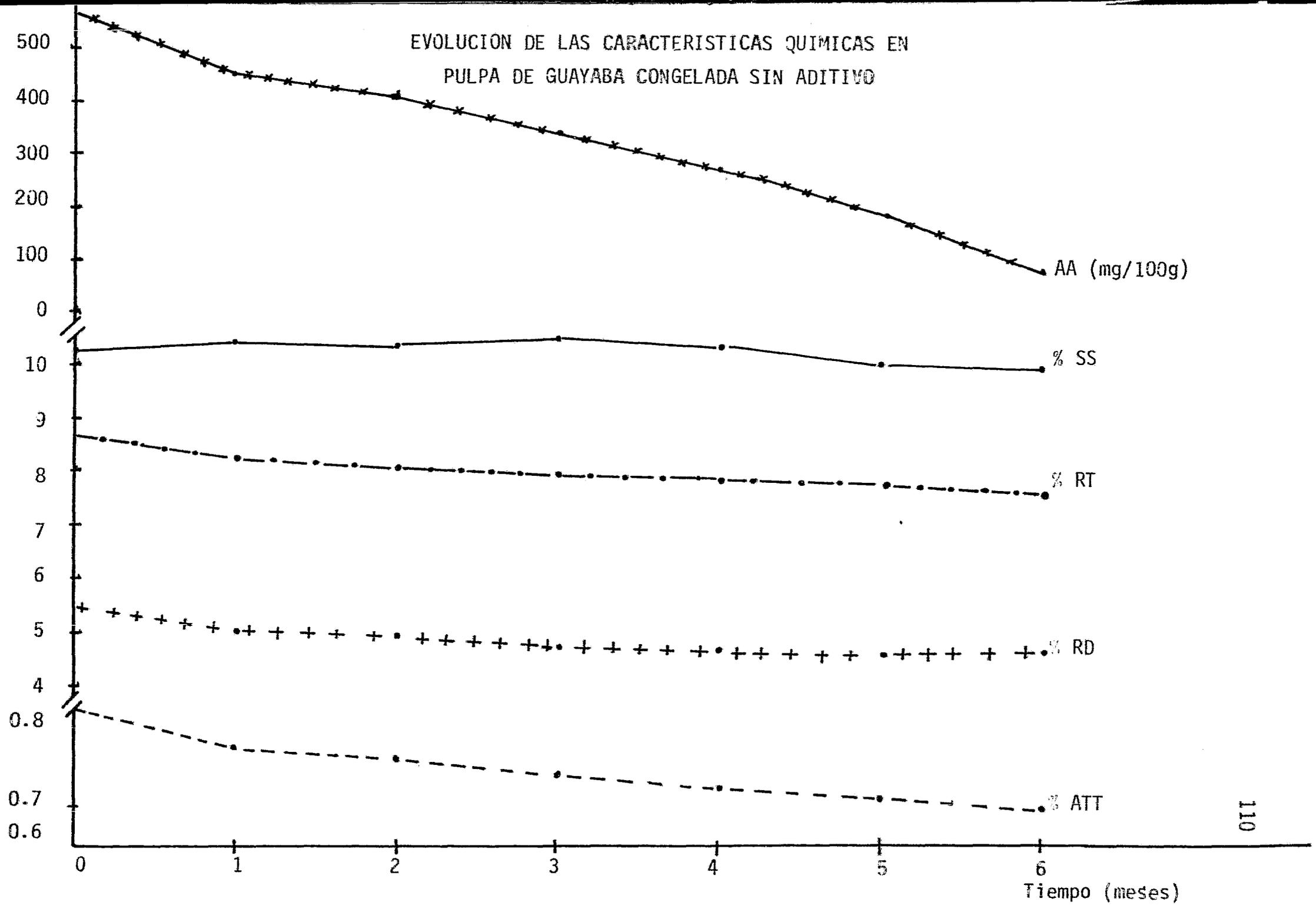
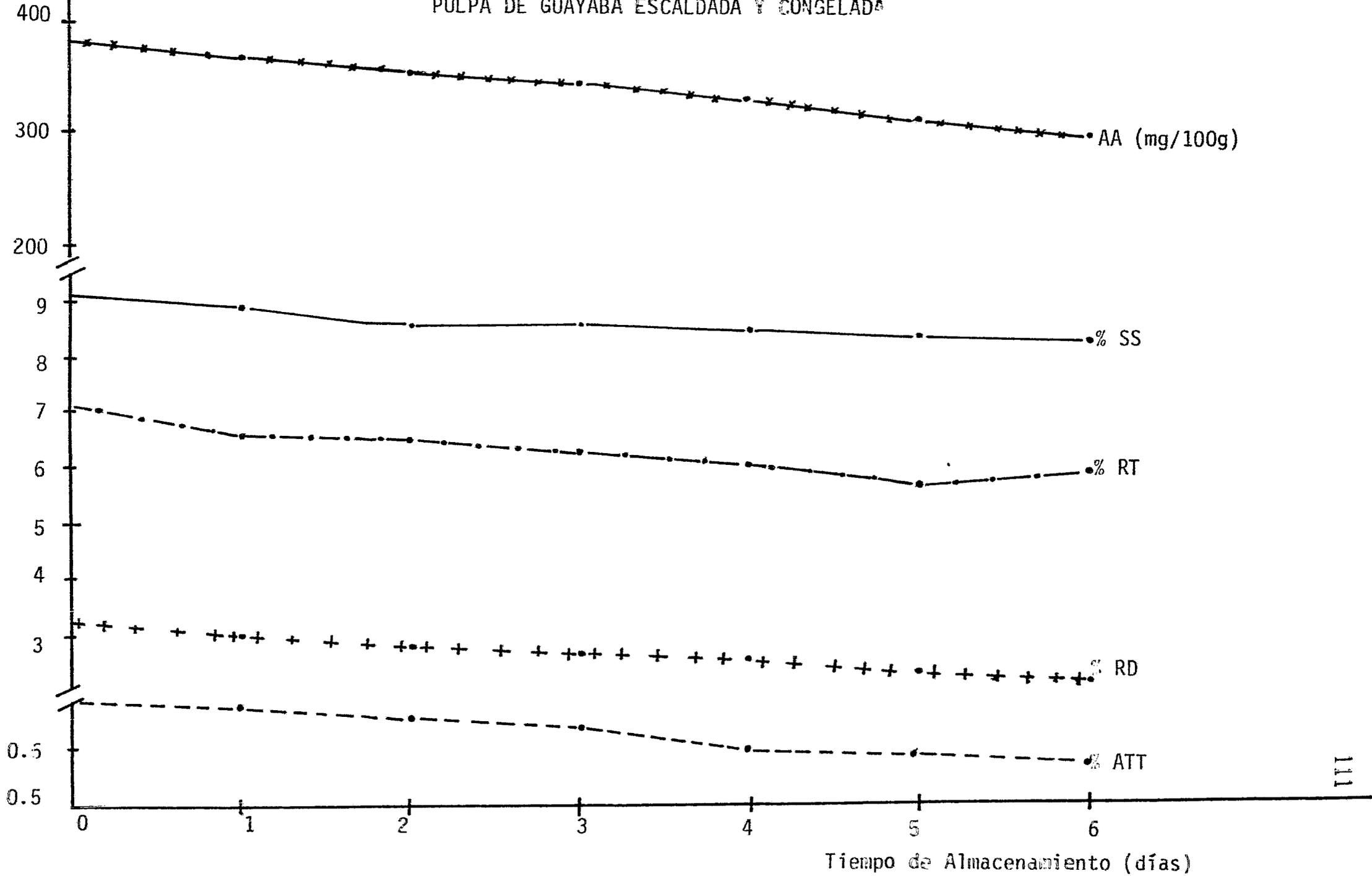


FIGURA 10

EVOLUCION DE LAS CARACTERISTICAS QUIMICAS EN
PULPA DE GUAYABA ESCALDADA Y CONGELADA



Sulfitación

Las dos concentraciones seleccionadas de SO_2 : 1 500 y 2 000 ppm se adicionaron a los siete lotes de pulpa correspondientes a la cosecha efectuada en el mes de Septiembre; se almacenó la pulpa bajo refrigeración(5 ± 2 °C y 90% H.R.) durante seis meses, se efectuaron en éste período los análisis correspondientes; los resultados obtenidos se aprecian en forma gráfica en las figuras 11 y 12.

En estas se observa que el cambio más importante que se tiene a lo largo del almacenamiento es en el contenido de ácido ascórbico.

En el caso de pulpa adicionada de 1 500 ppm de SO_2 (figura 11) se tuvo una pérdida de ácido ascórbico del orden del 96.12% mientras que en la pulpa adicionada de 2 000 ppm de SO_2 (figura 12) la pérdida fué del orden del 89.78%. En ambos casos estas pérdidas son bastante significativas.

No obstante de que el aditivo empleado puede servir para estabilizar el ácido ascórbico , debido a sus marcadas propiedades antioxidantes y a su capacidad de formar compuestos de adición con los azúcares, compuestos que son altamente estables al pH y temperatura que se manejaron, se tuvieron esas pérdidas tan grandes en el contenido de ácido ascórbico; mismas que son comparables con las obtenidas para este nutriente por : Eduardo A et al. (1976) - 79.71% al 96.49- y por Zeno de Martín et al. (1976) - 76.28% al 80.62% - en pulpa sulfitada con la misma cantidad de SO_2 y pasteurizada previamente.

No se observaron, a lo largo del almacenamiento manifestaciones de deterioro microbiano ni cambios en el color que pudieran de-

FIGURA 11

EVOLUCION DE LAS CARACTERISTICAS QUIMICAS EN
PULPA DE GUAYABA ADICIONADA DE 1 500 ppm SO₂

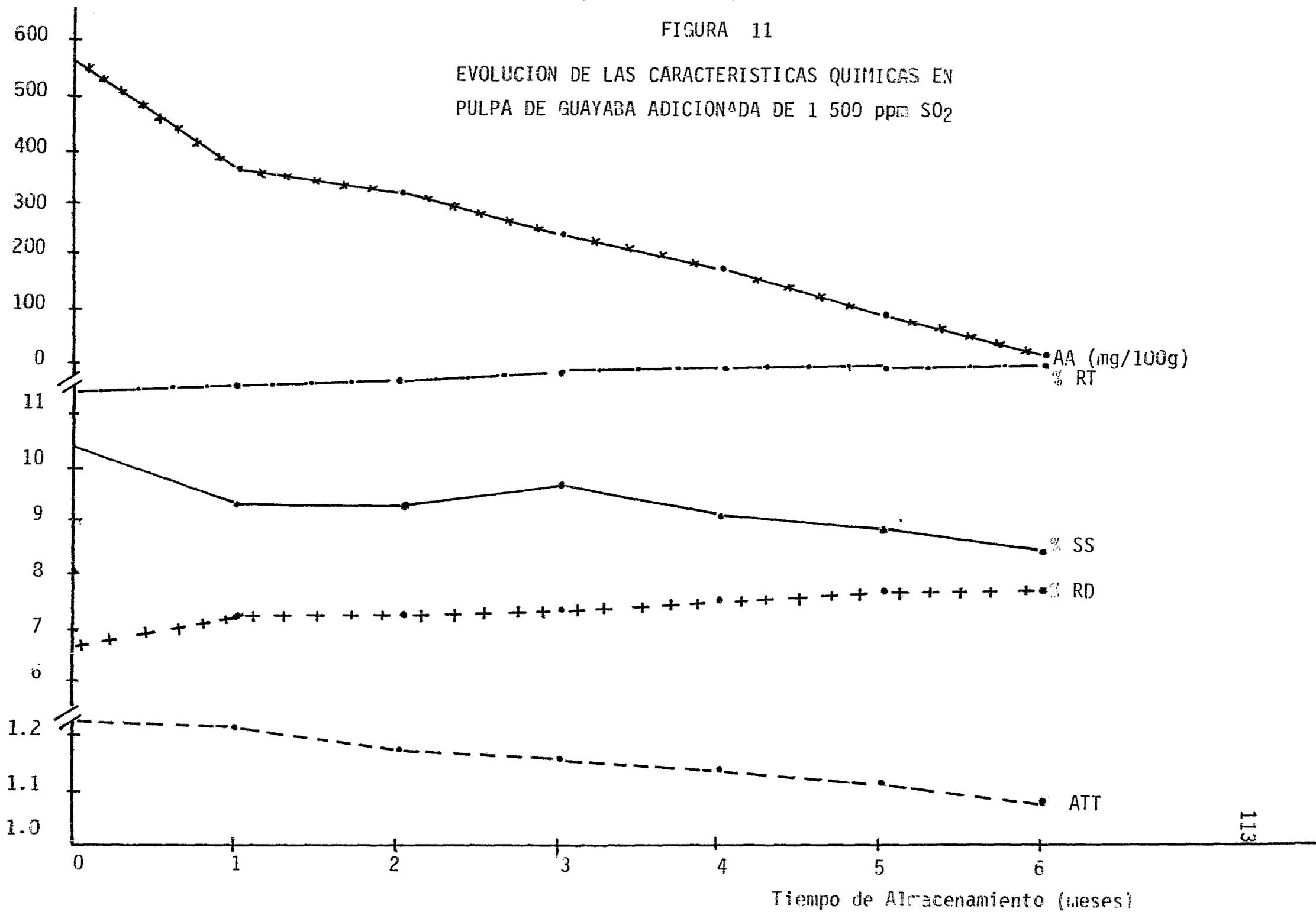
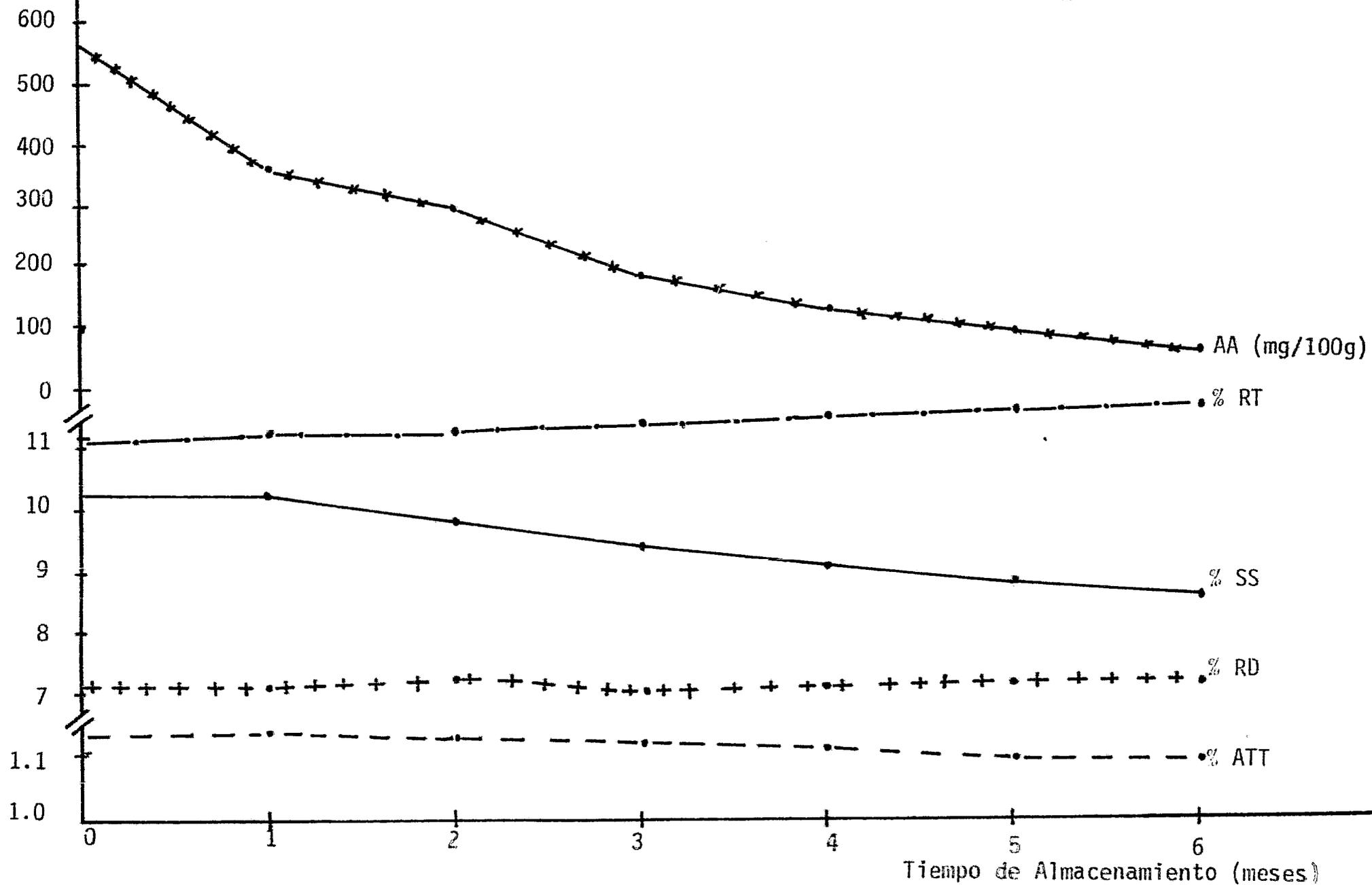


FIGURA 12

EVOLUCION DE LAS CARACTERISTICAS QUIMICAS EN
PULPA DE GUAYABA ADICIONADA DE 2 000 ppm SO₂



berse a acción enzimática, por lo que las concentraciones empleadas (1 500 y 2 000 ppm de SO_2) resultan adecuadas para tales efectos.

El mayor inconveniente que ofrece esta técnica de conservación es que, debido a la presencia de SO_2 en proporciones relativamente elevadas, el aroma y sabor del producto son inaceptables; es necesario por tanto desulfitar para eliminar SO_2 hasta concentraciones inferiores a las 50 ppm, que es el umbral de detección organoléptica de éste compuesto. Considerando que las técnicas de sulfitación más empleadas se basan en el arrastre de este compuesto mediante vapor de agua y que las temperaturas empleadas oscilan entre los 70 y 100 °C para que se facilite la ruptura de los compuestos de -- adición; la desulfitación por tanto puede llegar a modificar desfavorablemente tanto la aceptación organoléptica del producto como -- producir pérdidas aún mayores en el contenido de ácido ascórbico -- del mismo.

La conservación del producto por medio de sulfitación sólo -- será adecuado, cuando, como parte del proceso de transformación del semielaborado se contemple la adición de ácido ascórbico.

Pasteurización

Para el tratamiento de pasteurización se empleó pulpa proveniente de guayabas recolectadas en el mes de Noviembre; se utilizó para este fin el método por lotes en las siguientes condiciones: 1 minuto a 92 °C; en el cuadro XXII se muestran los cambios que sufrió la pulpa como consecuencia del tratamiento térmico aplicado.

CUADRO XXII

Magnitud de pérdidas debidas a la pasteurización

Análisis	Antes de Pasteurizar	Después de Pasteurizar	% Pérdida
% SS	13.300	13.750	---
% ATT	0.864	0.953	---
pH	4,0	4.0	---
% RD	5.788	7.525	---
% RT	11.571	12.642	---
AA(mg/100g)	397.860	239.230	30.87

Tal y como se puede apreciar en éste cuadro el ácido ascórbico se perdió en un 30.87% ; esta pérdida es bastante significativa y se debe principalmente a la técnica de pasteurización utilizada, ya que para que la pulpa llegara a la temperatura de proceso se requirieron 15 minutos; al llegar a esta se mantuvo durante un minuto y aunque -

se trató de que el enfriamiento fuera lo más rápido posible esto no fué así demostrándonoslo el porcentaje tan elevado de pérdida de éste nutriente.

Se observó que por efecto de este tratamiento la pulpa adquirió un sabor " a cocido " y un oscurecimiento del color de la misma; estas características son indeseables en un producto de esta naturaleza.

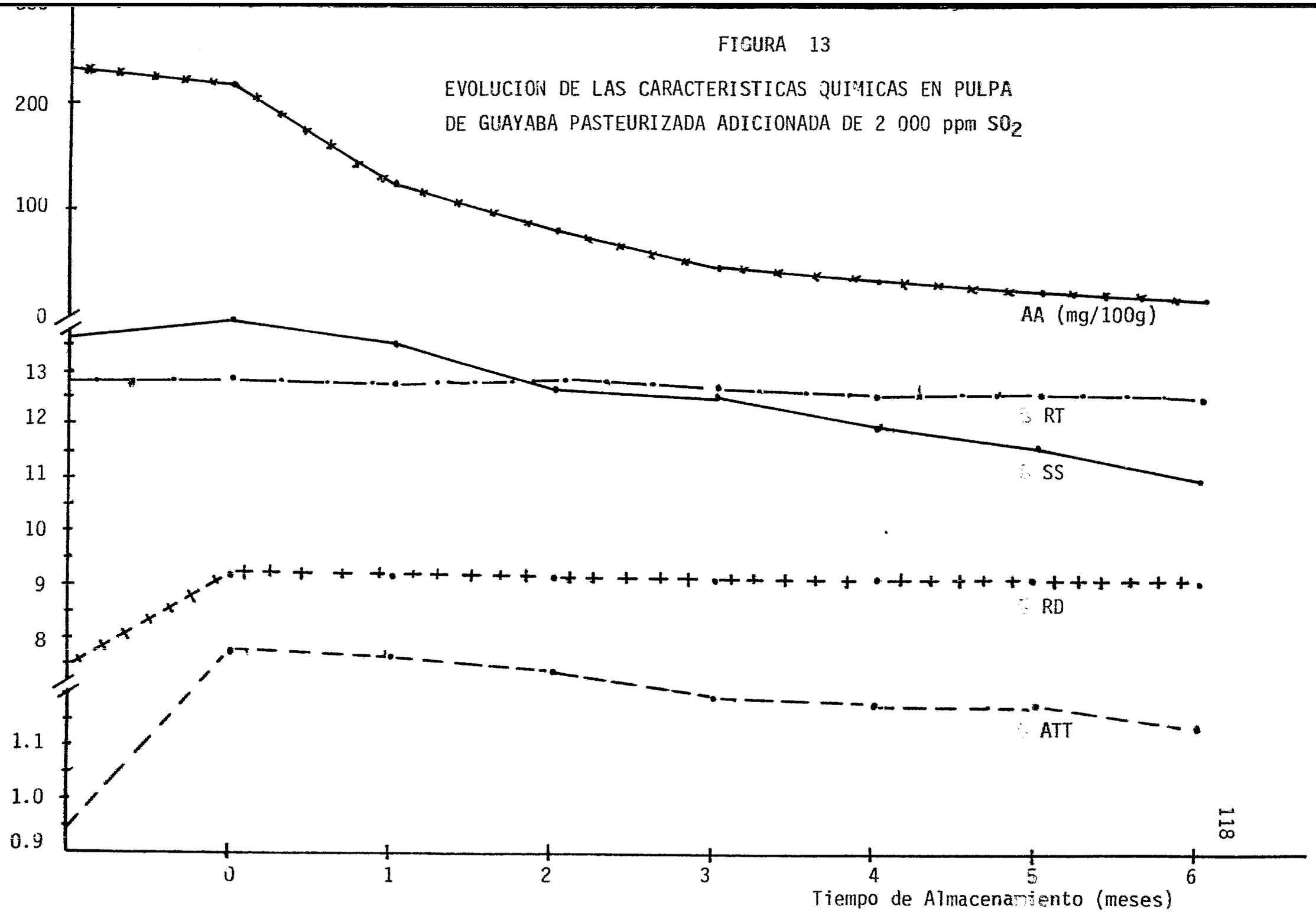
Resultaría conveniente el empleo de equipos más adecuados - en los que se pudiera ensayar diferentes tiempos y temperaturas de proceso y además lograr un calentamiento y enfriamiento rápido, con lo que se minimizarían las pérdidas de este nutriente.

Una vez pasteurizada la pulpa se subdividió para almacenar - bajo diferentes condiciones una parte de esta se almacenó bajo refrigeración (5 ± 2 °C y 90% H.R.) adicionándole previamente 2 000 ppm de SO_2 , la evolución de sus características durante el almacenamiento - se puede observar en la figura 3. El cambio más importante que se tiene es en el contenido de ácido ascórbico apreciándose una pérdida -- del orden del 89.56 % esta magnitud de degradación es similar a la - obtenida para pulpa que se sulfitó sin haber efectuado ningún tratamiento previo (figuras 11 y 12).

En base a estos resultados se puede decir, que en el caso de - sulfitar no es necesario ningún tratamiento previo ya que el nivel - de degradación de ácido ascórbico es similar, y el pasteurizar implica aumentar este nivel de degradación.

FIGURA 13

EVOLUCION DE LAS CARACTERISTICAS QUIMICAS EN PULPA DE GUAYABA PASTEURIZADA ADICIONADA DE 2 000 ppm SO₂



Por otro lado, la pulpa que se mantuvo bajo refrigeración y sin adición de ningún tipo de aditivo (figura 14) mostró en un período muy corto de tiempo (un mes) manifestaciones de deterioro microbiano; la acidez de la pulpa aumentó considerablemente disminuyendo el contenido de azúcares reductores directos y totales también considerablemente. El ácido ascórbico se perdió totalmente.

Entre el primero y segundo mes de almacenamiento la pulpa resultó completamente inaceptable.

En el caso de la pulpa pasteurizada que se complementó con congelación (figura 15) en primer lugar se puede decir, que la inactivación tanto enzimática como microbiana lograda fué efectiva, ya que a lo largo del almacenamiento las características de la pulpa se mantuvieron inalteradas, teniéndose tan sólo una degradación de ácido ascórbico del orden del 14.64% en los seis meses.

Cabe enfatizar una vez más en el hecho de que la pasteurización bajo condiciones de equipo adecuado en las cuales, además de lograr una buena inactivación enzimática y microbiana se tuviera un mínimo deterioro en la calidad sensorial y nutricional del producto sería lo más conveniente.

No obstante, de realizarse estudios específicos sobre escaldado; en el caso de congelar pulpa de guayaba se preferiría este último tratamiento, dado que la pasteurización implica un tratamiento más severo.

FIGURA 14

EVOLUCION DE LAS CARACTERISTICAS QUIMICAS EN PULPA DE GUAYABA PASTEURIZADA Y REFRIGERADA

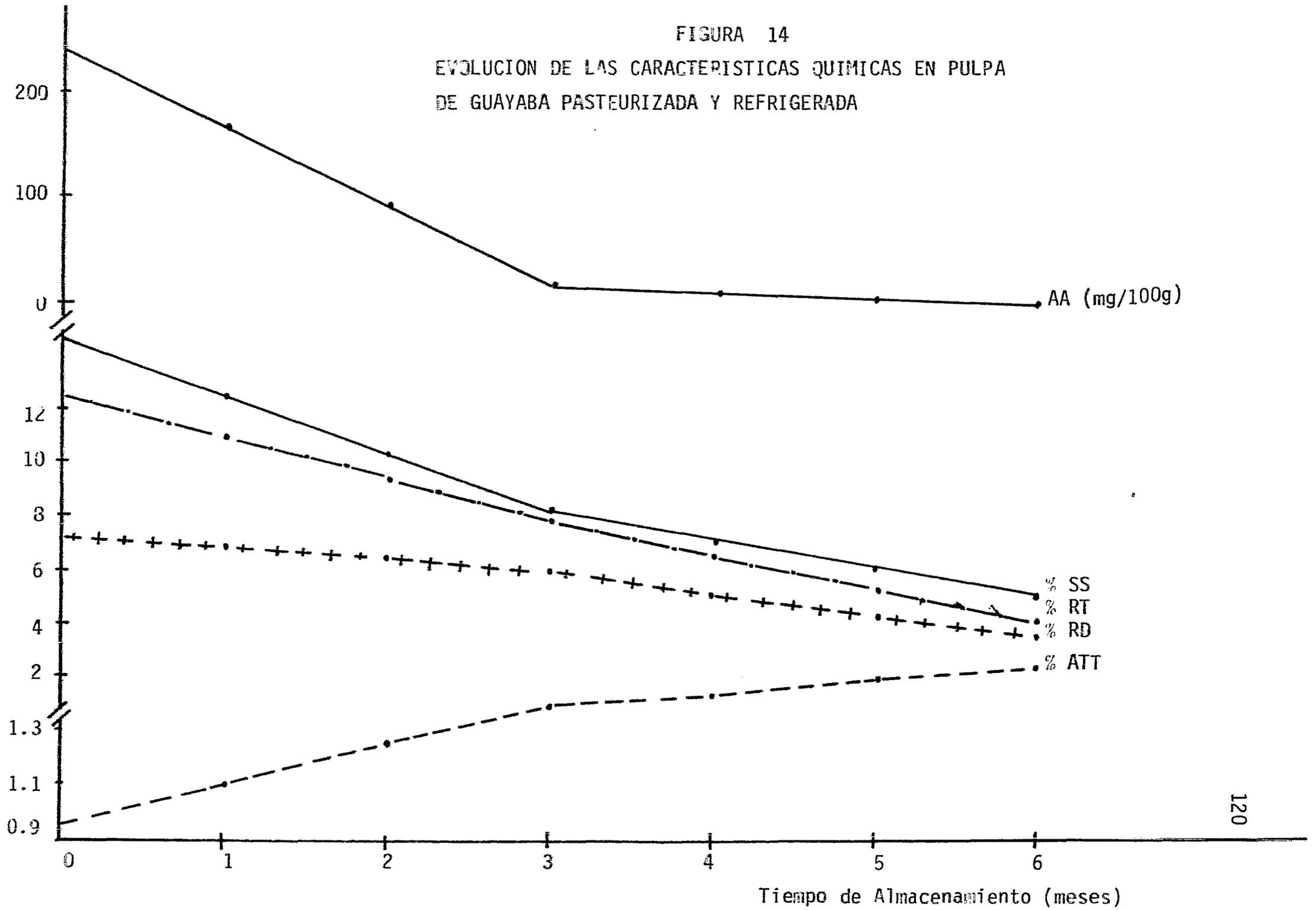
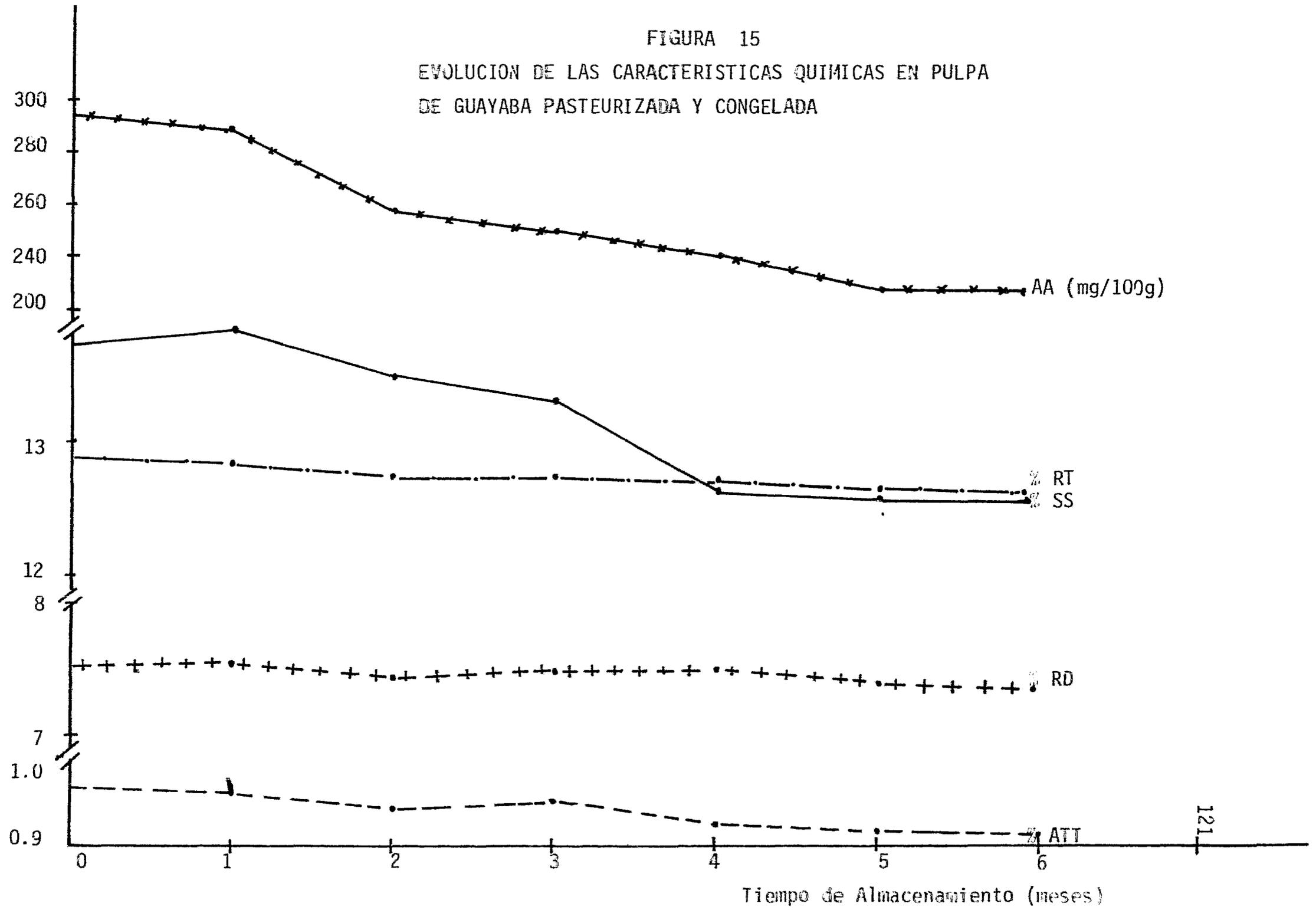


FIGURA 15

EVOLUCION DE LAS CARACTERISTICAS QUIMICAS EN PULPA DE GUAYABA PASTEURIZADA Y CONGELADA



Esterilización

Para determinar el tiempo de proceso se aplicó el método de Ball, tomando como base *Clostridium pasteurianum*; microorganismo caracterizado por los siguientes valores : $z=16$, $D_{212}=0.1-0.5$, y $F_{210}=1.0-1.3$. El historial térmico en el interior de la lata se determinó por medio de termopares encontrándose que el punto frío de la lata se hallaba localizado en el centro geométrico de la misma. (el historial térmico en este punto puede observarse en la figura 16).

Con estos datos se trazó la curva semilogarítmica de calentamiento la cual se muestra en la figura 17.

Tal y como se mencionó en la metodología, de la curva semilogarítmica de calentamiento se pueden obtener los datos necesarios para calcular el tiempo de proceso. Recordando que la ecuación para determinar el tiempo de proceso es :

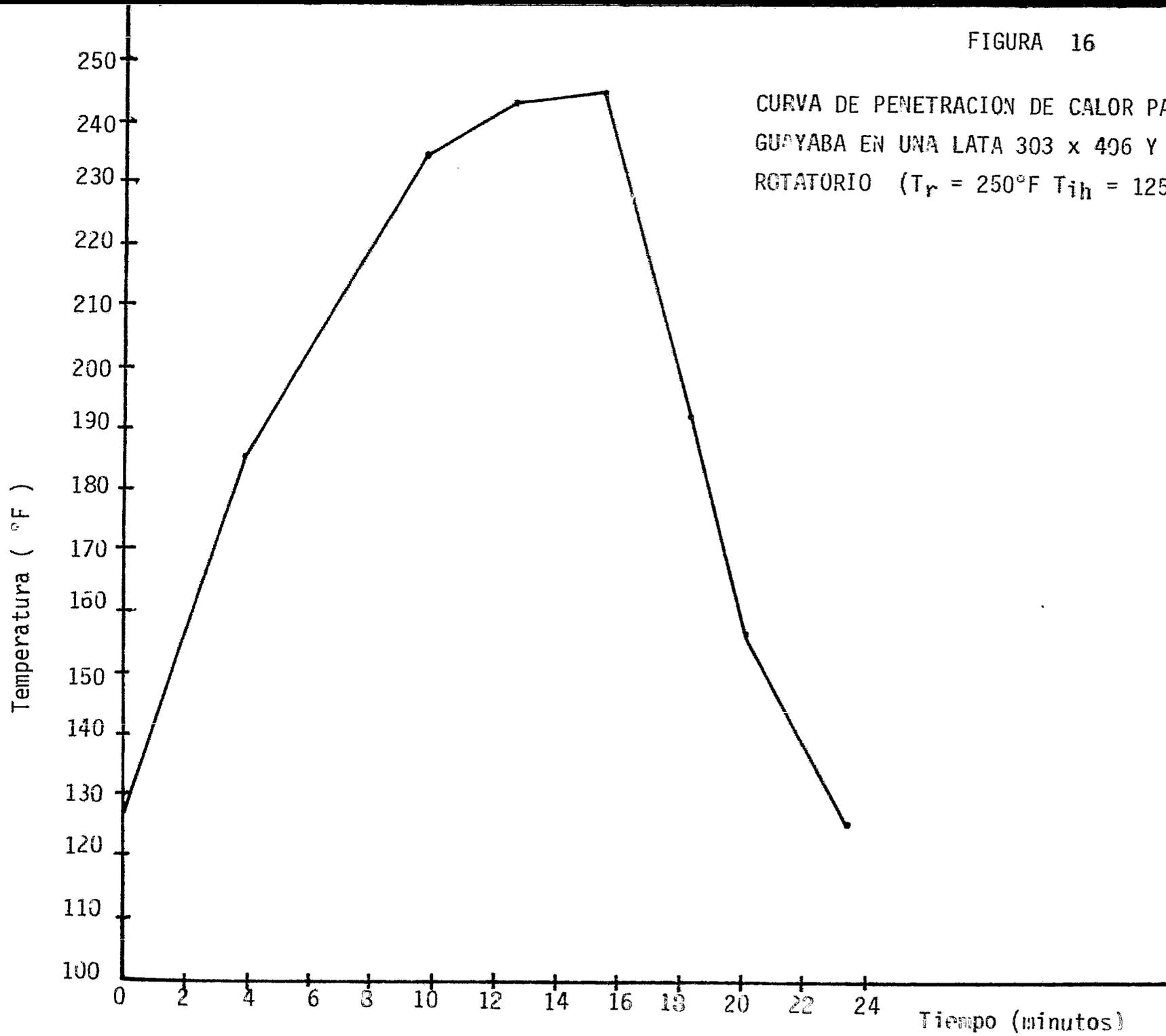
$$B = f_h (\log j_{ch} I_i - \log g_c)$$

Siendo B el tiempo de proceso en minutos, sin considerar el tiempo requerido para que la retorta alcance la temperatura de proceso; f_h el tiempo en minutos requerido para que la porción recta de la curva semilogarítmica de calentamiento atraviese un ciclo semilogarítmico; de la figura 17 $f_h = 11.8 - 2.58 = \underline{9.0 \text{ minutos}}$.

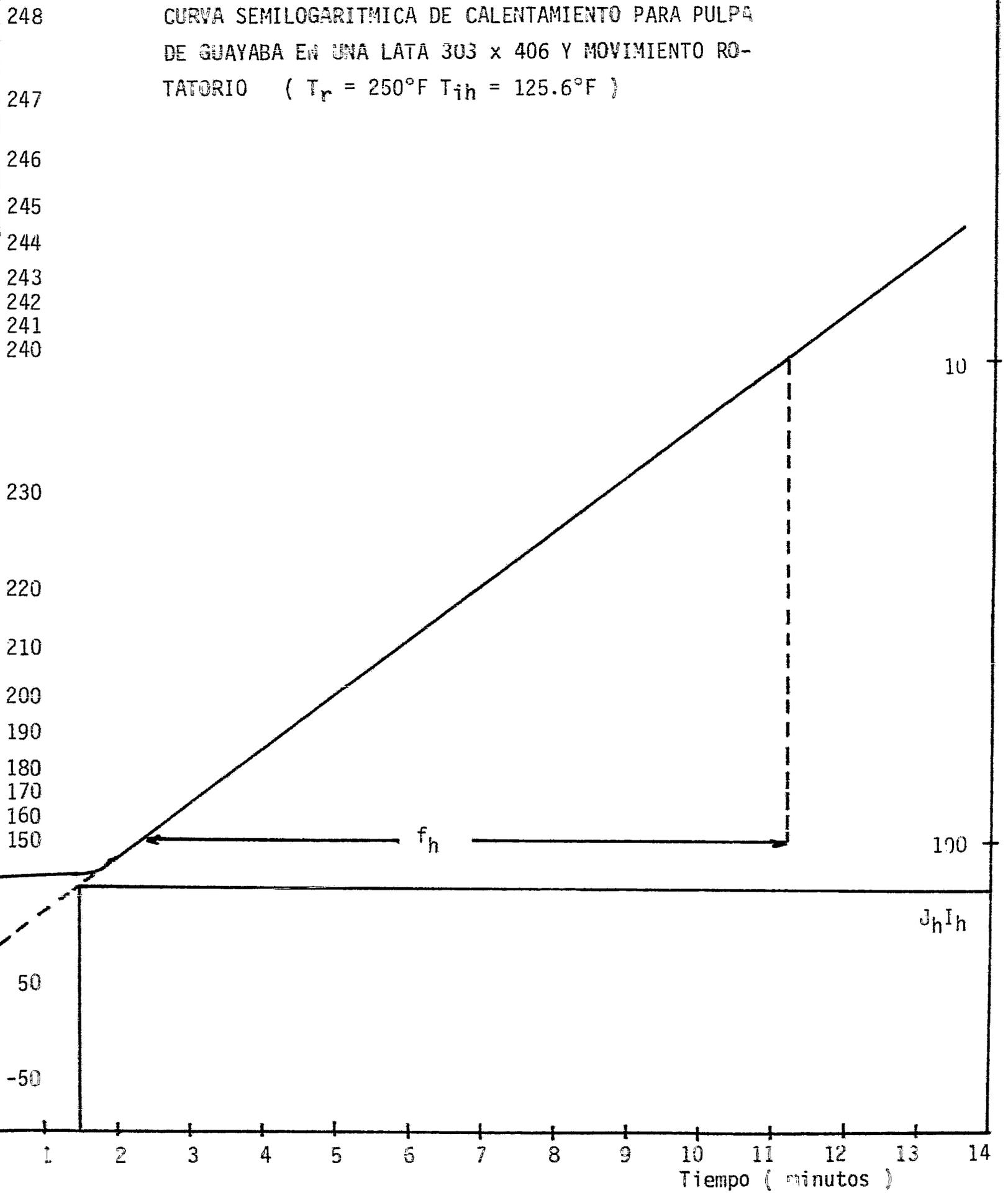
I_h es la diferencia en grados Fahrenheit entre la temperatura de retorta y la temperatura inicial del alimento es decir : $I_h = T_r - T_i$; -- en este caso de la figura 17 $I_h = 250 \text{ }^\circ\text{F} - 125.6 \text{ }^\circ\text{F} = \underline{124.4 \text{ }^\circ\text{F}}$.

FIGURA 16

CURVA DE PENETRACION DE CALOR PARA PULPA DE
GUYABA EN UNA LATA 303 x 496 Y MOVIMIENTO
ROTATORIO ($T_r = 250^{\circ}\text{F}$ $T_{ih} = 125.6^{\circ}\text{F}$)



CURVA SEMILOGARITMICA DE CALENTAMIENTO PARA PULPA DE GUAYABA EN UNA LATA 303 x 406 Y MOVIMIENTO ROTATORIO ($T_r = 250^\circ\text{F}$ $T_{ih} = 125.6^\circ\text{F}$)



j_{ch} es el factor de retardación de calentamiento; este factor multiplicado por I_h se localiza fácilmente en la curva semilogarítmica de calentamiento, tal y como se muestra en la figura 17; en este caso el valor $j_{ch} I_h$ encontrado fué de 128°F.

Del producto $j_{ch} I_h$ puede obtenerse j_{ch} de la siguiente manera:

$$j_{ch} = j_{ch} I_h / I_h = 128^\circ\text{F} / 124.4^\circ\text{F} = \underline{1.028}$$

g_c es la diferencia en grados Fahrenheit entre la temperatura de retorta y la máxima temperatura alcanzada por el alimento en el centro geométrico del contenedor.

La relación de g_c con f_h/U describe el calor letal conferido durante el enfriamiento. En esta relación U es el tiempo requerido a la temperatura de retorta para lograr el mismo nivel de inactivación microbiana que un proceso térmico con un valor dado de F , que generalmente se considera a una temperatura de referencia de 250°F, por lo tanto $F = 1$.

Con el valor F del microorganismo considerado como base del proceso ($F_{210} = 1.0-1.3 = F_{250} = 0.029$) y el valor F de referencia se tiene que:

$$f_h/U = f_h/F_i F_c$$

ya que $F_i = 1.0$ y $F_c = 0.029$,

$$f_h/U = 9.00/1.00 \times 0.029 = 310.34$$

Con este valor encontrado se recurre a las tablas de Stumbo y Longley (1965) y se encuentra que el valor g_c (diferencia en grados Fahrenheit entre la temperatura de retorta y la máxima temperatura al

canzada en el centro geométrico del contenedor) para $z = 16$ y j_c igual a 1.028 se tiene que $g_c = \underline{31.727^\circ\text{F}}$.

Sustituyendo todos los valores encontrados en la ecuación de tiempo de proceso se tiene que:

$$B = f_h (\log j_{ch} I_h - \log g_c)$$

$$B = 9.00 \text{ min } (\log 128^\circ\text{F} - \log 31.727^\circ\text{F})$$

$$B = 9.00 \text{ min } (2.107^\circ\text{F} - 1.501^\circ\text{F})$$

$$B = \underline{5.455 \text{ min.}}$$

El tiempo requerido para que se alcance la temperatura de retorta después de que se abra la llave de vapor, para propósito de calculos se considera que es el 60% de este tiempo considerado como inicial, es decir:

$$l = 2.85 \times 0.6 = \underline{1.71 \text{ min.}}$$

B (tiempo de proceso) es diferente a P_t (tiempo de proceso del operador) ya que en este último se considera al tiempo de proceso una vez que se llega a la temperatura del mismo.

$$P_t = B - 0.4 l$$

por lo que en nuestro caso:

$$P_t = 5.455 - (0.4 \times 1.71) = \underline{4.771 \text{ min.}}$$

En el Cuadro XXIII se pueden apreciar los cambios en los componentes de la pulpa de guayaba debidas al proceso de esterilización-aplicado según los datos obtenidos en el cálculo de tiempo de proceso.

CUADRO XXIII

Magnitud de pérdidas debidas a la esterilización

Componente	Antes de Esterilizar	Después de Esterilizar	Pérdida (%)
% SS	9.85	9.85	---
% ATT	0.882	0.876	0.68
pH	4.0	4.0	---
% RD	5.745	5.760	---
% RT	8.641	8.632	0.10
AA (mg/100g)	444.910	272.750	38.69

En este Cuadro se visualiza la inminente necesidad de optimizar el proceso en cuanto a retención de nutrientes, y en este caso-específico en cuanto a retención de ácido ascórbico; así como de emplear diferentes tratamientos con fines comparativos.

Cabe introducir aquí los resultados obtenidos al determinar los parámetros que caracterizan la degradación térmica de ácido ascórbico, color y consistencia. Las respuestas que presentan estas caracte

rísticas con la energía térmica de dá en función de los parámetros z y E_a ; parámetros cuya importancia ha sido discutida ampliamente en el capítulo de generalidades.

En los Cuadros XXIV, XXV y XXVI se pueden observar los resultados obtenidos de z y E_a en el presente estudio.

CUADRO XXIV

Parámetros cinéticos para la vitamina C

$k, D / T$ (°F)	140	158	176	194	212
k (min^{-1}) $\times 10^{-3}$	1.973	2.369	5.964	9.200	15.991
D (min)	1 167.54	961. 19	386.14	250.32	144.012

$$z = \underline{74.953} \text{ } ^\circ\text{F.}$$

$$E_a = \frac{2.303 R T T_1}{z} \times 9/5$$

$$E_a = \underline{12.746} \text{ Kcal/mol}$$

En las figuras de la 18 a la 23 se muestran los cálculos para determinar los valores z y E_a para cada una de las características en estudio.

CUADRO XXV

Parámetros cinéticos para el color

k, D / T (°F)	140	158	176	194	212
k (min ⁻¹) X 10 ⁻³	2.243	4.442	8.763	17.320	34.247
D (min)	1 026.450	518.420	262.810	132.890	67.245

$$z = \underline{60.841} \text{ } ^\circ\text{F.}$$

$$E_a = \underline{15.895} \text{ Kcal/mol.}$$

CUADRO XXVI

Parámetros cinéticos para la consistencia

k, D / T (°F)	140	158	176	194	212
k (min ⁻¹) X 10 ⁻³	2.037	4.009	5.288	9.147	14.733
D (min)	1 130.260	574.440	435.460	251.767	156.315

$$z = \underline{86.747} \text{ } ^\circ\text{F.}$$

$$E_a = \underline{11.197} \text{ Kcal/mol.}$$

FIGURA 18

CALCULO DEL VALOR Z PARA LA VITAMINA C

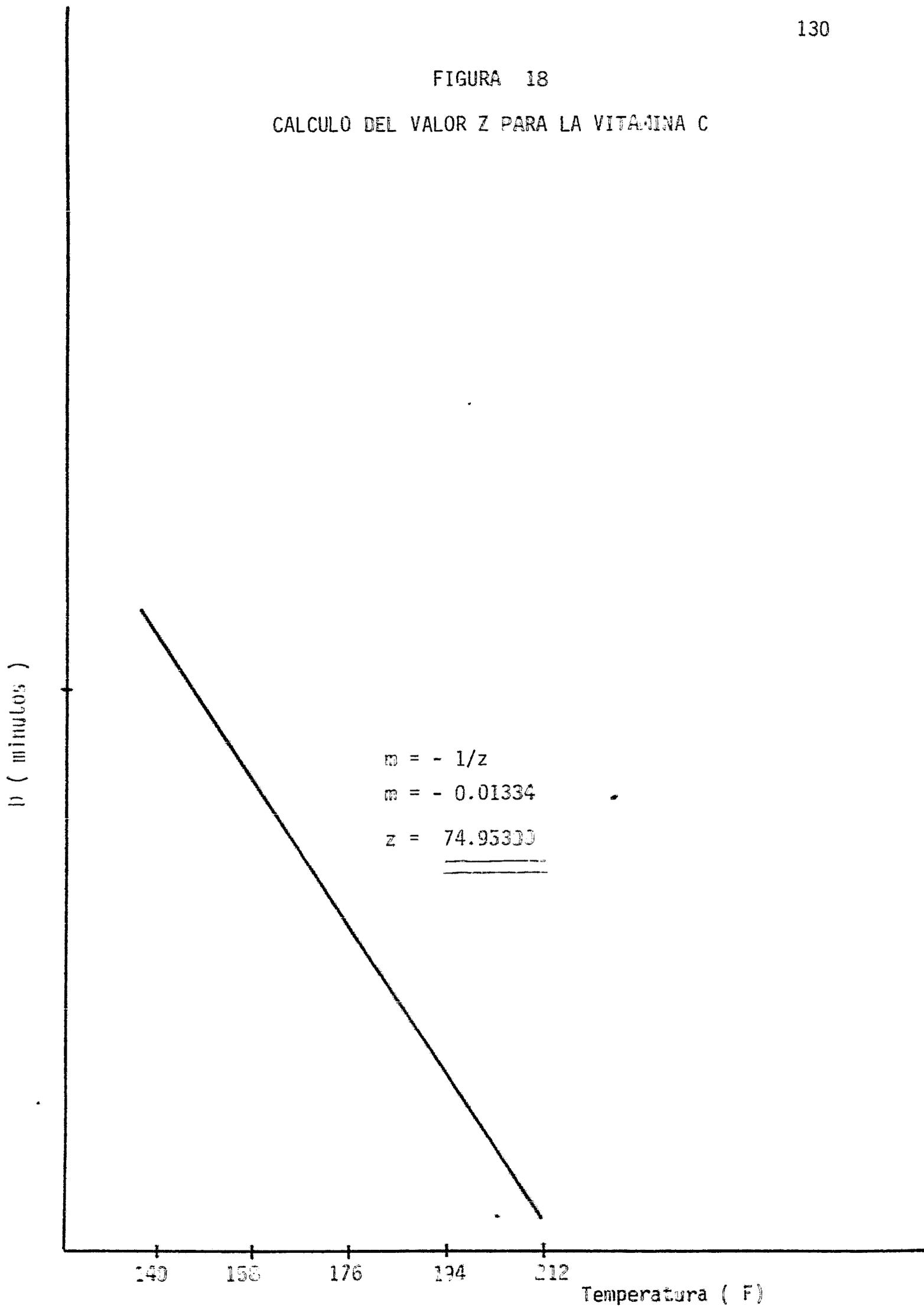


FIGURA 19
CALCULO DEL VALOR Z PARA EL COLOR

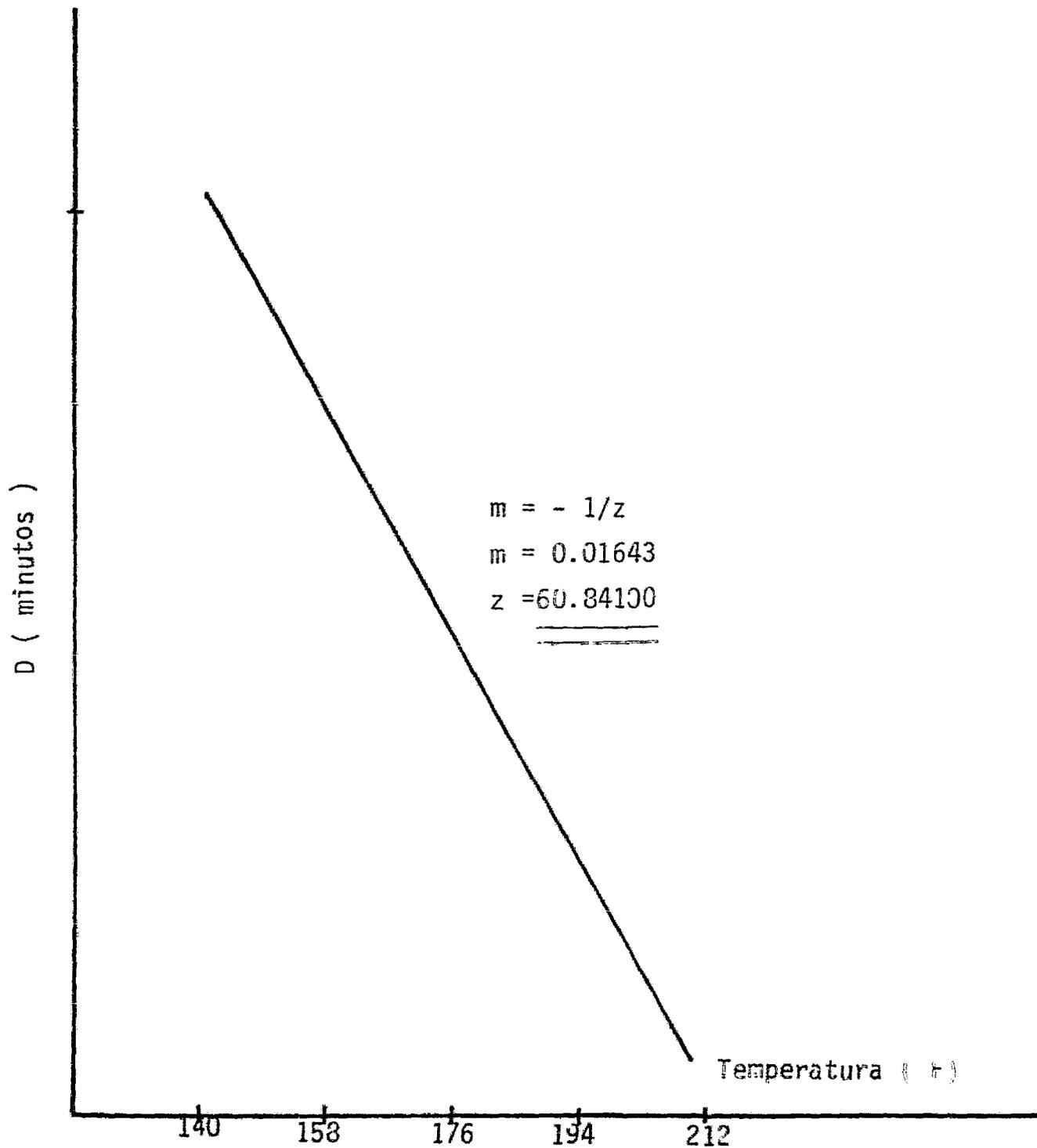


FIGURA 20
CALCULO DEL VALOR Z PARA LA CONSISTENCIA

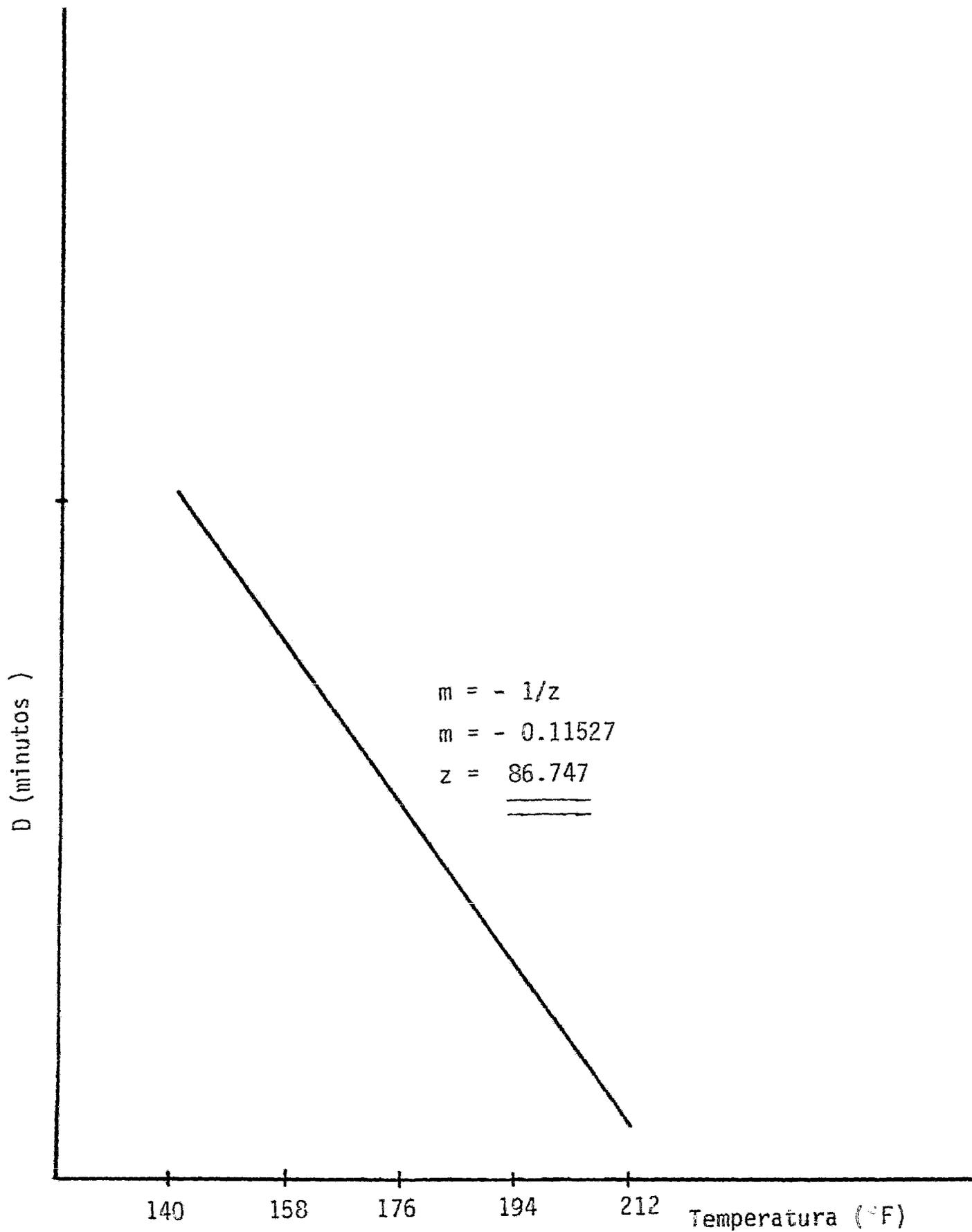


FIGURA 21

CALCULO DEL VALOR DE LA ENERGIA DE ACTIVACION
DE ARRHENIUS PARA LA VITAMINA C

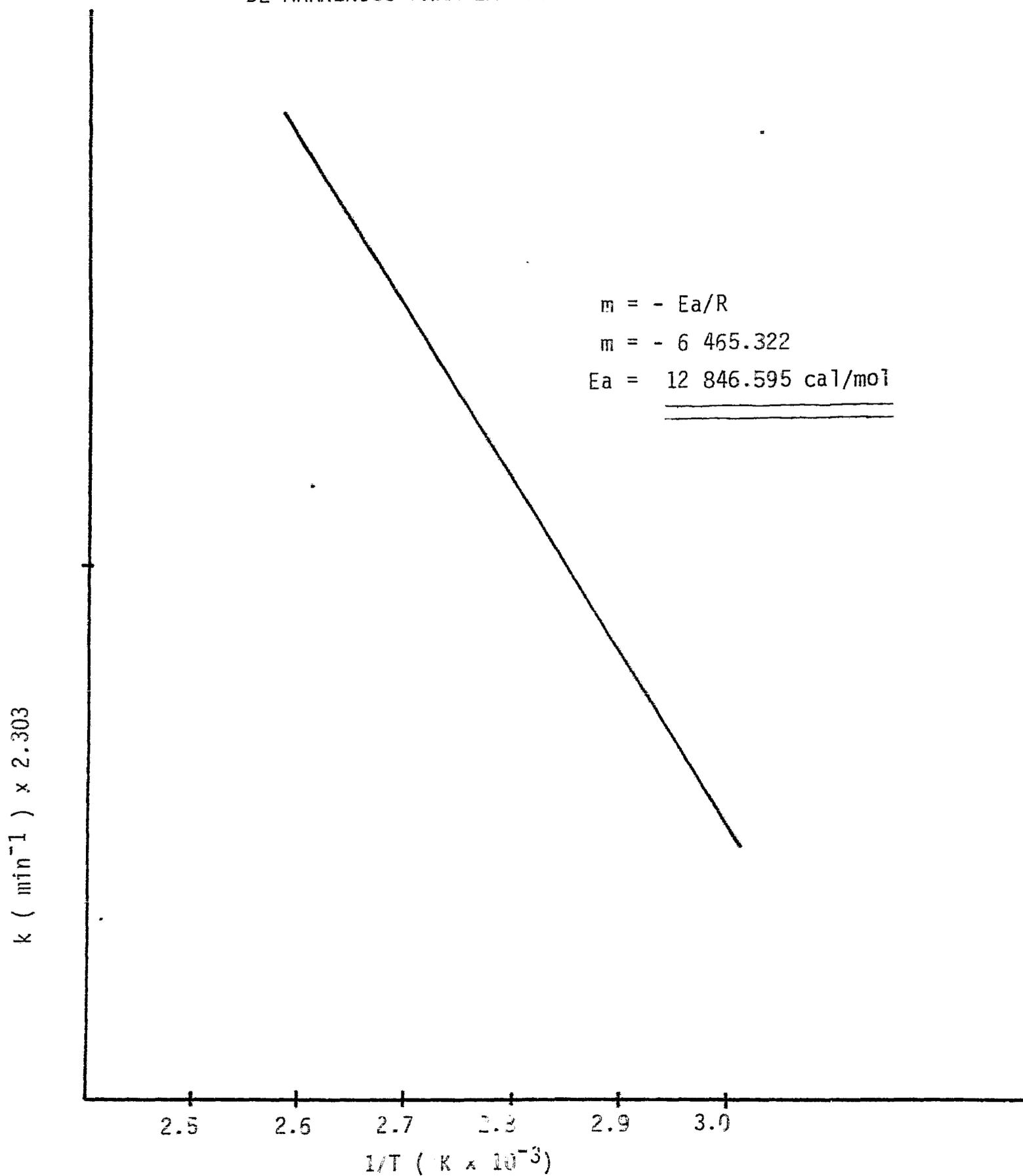


FIGURA 22

CALCULO DEL VALOR DE LA ENERGIA DE ACTIVACION
DE ARRHENIUS PARA EL COLOR

$$m = - E_a/R$$
$$m = - 8\,012.027$$
$$E_a = \underline{\underline{15\,919.897 \text{ cal/mol}}}$$

$k (\text{min}^{-1}) \times 2.303$

2.5

2.6

2.7

2.8

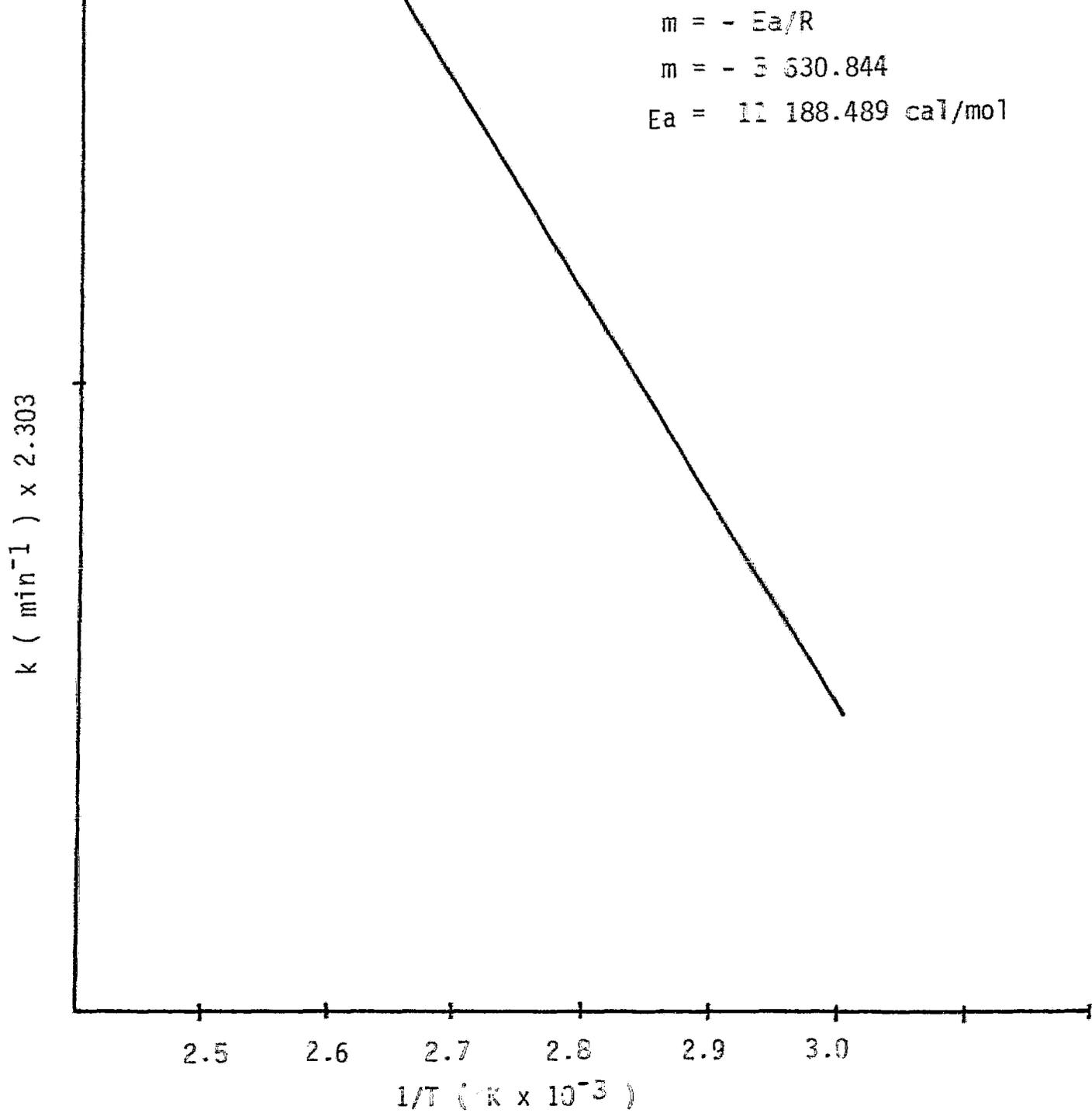
2.9

3.0

$1/T (^\circ\text{K} \times 10^{-3})$

FIGURA 23

CALCULO DEL VALOR DE LA ENERGIA DE ACTIVACION
DE ARRHENIUS PARA LA CONSISTENCIA



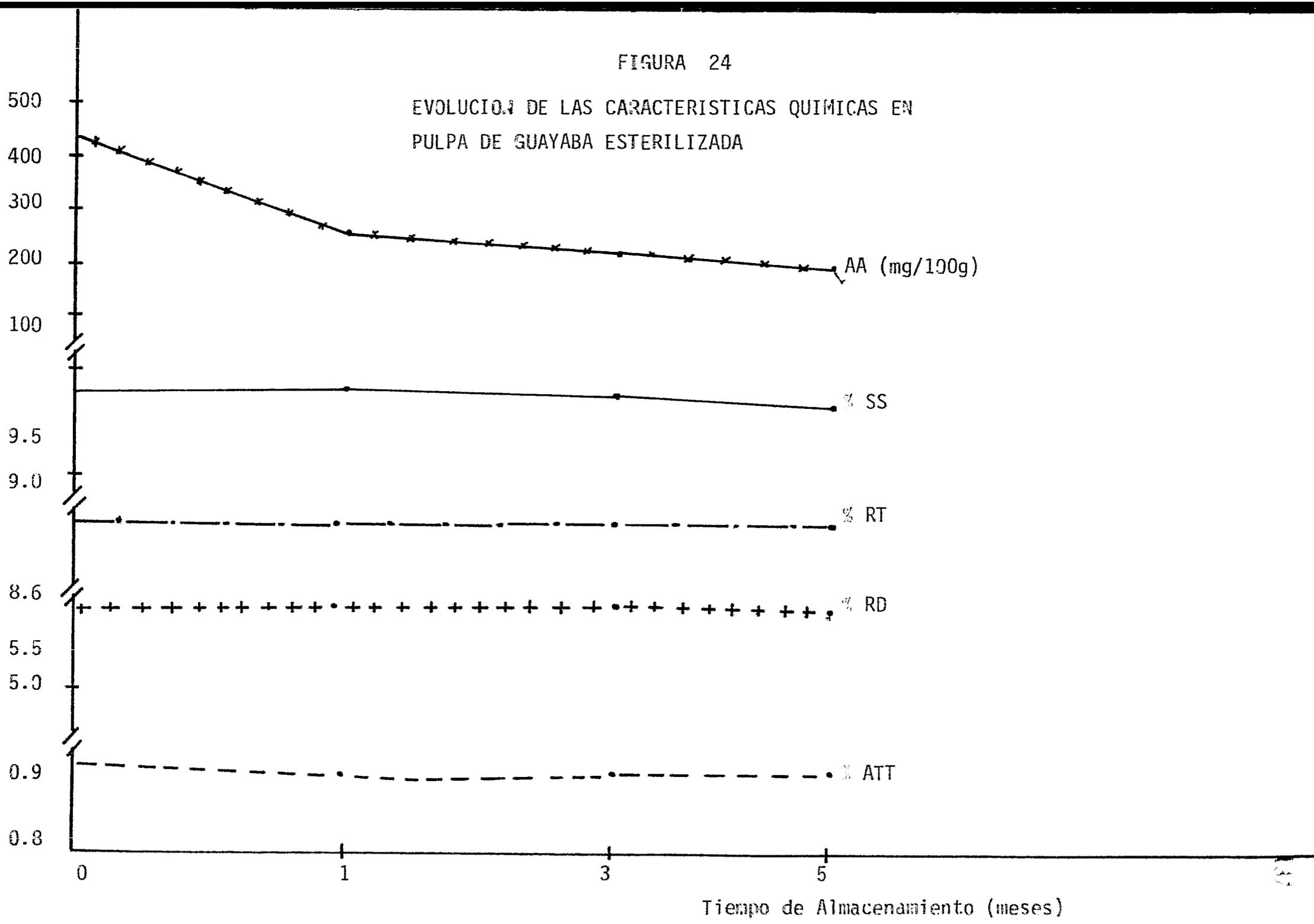
Para el almacenamiento de los productos sometidos a la operación de la esterilización, se analizaron las latas obtenidas después de procesarse, al primero, tercero y quinto meses de almacenamiento.

En la figura 24 se pueden apreciar en forma gráfica los resultados obtenidos.

Claramente se aprecia en esta figura que la esterilización es uno de los mejores tratamientos de conservación en cuanto a que la estabilidad del producto en el almacenamiento permanece inalterada.

FIGURA 24

EVOLUCION DE LAS CARACTERISTICAS QUIMICAS EN
PULPA DE GUAYABA ESTERILIZADA



Concentración.

En los ensayos realizados para concentración de pulpa de guayaba se obtuvieron los resultados que se muestran en el Cuadro XXVII.

En primer lugar se puede observar que en cuanto a niveles de concentración no existe diferencia alguna entre pulpa despectinizada y pulpa sin despectinizar. Cabe mencionar que la despectinización trae como consecuencia una pérdida considerable del contenido de ácido ascórbico del orden de 19.61%.

Por otro lado se observó un funcionamiento irregular del equipo cuando se empleó pulpa sin despectinizar, ya que la viscosidad de esta dificultaba la alimentación y descarga del equipo.

En estos ensayos se pudo medir el color de la pulpa antes y después de concentrar; los parámetros de cromaticidad x , y , Y se muestran también en el Cuadro XXVII. Al analizar los valores encontrados se puede decir que prácticamente la concentración bajo las condiciones de operación descritas en cada caso, no afectan el color de la pulpa.

En lo que se refiere a la degradación de ácido ascórbico, se observa que los daños a éste debidos al proceso se encuentran entre el 15.26% y 25.06% , porcentajes que en el caso de guayaba criolla pueden ser aceptados.

CUADRO XXVII
Resultados de Pruebas de Concentración de
Pulpa de Guayaba en el Centrif-Therm

T vap. °C	T alim. °C	Condiciones de Alimentación						Condiciones de Operación			
		°Bx	Viscosidad cp	AA(mg/100g)	Indices de Cromaticidad x y Y			T(°C)	P(Kg/cm ²)	vel. ml/min	
1*	80	27	12.0	4 800	452.81	0.385	0.402	39.56	55	0.60	485
2*	80	20	12.0	4 800	452.81	0.385	0.402	39.56	48	0.64	485
3	90	20	10.5	12 600	563.26	0.384	0.402	40.20	48	0.64	485
4	90	20	10.5	12 600	390.85	0.379	0.404	38.37	44	0.64	755
5	90	25	10.5	12 600	390.85	0.379	0.404	38.37	48	0.64	755
6	90	21	10.5	12 600	536.26	0.383	0.402	40.20	45	0.65	1 030
7	90	25	10.5	12 600	390.85	0.379	0.404	38.37	48	0.64	1 030

..... Continua

Pulpa Concentrada

	Temperatura (°C)	°Bx	Viscosidad cp	Índices de cromaticidad			Acido ascórbico (mg/100g)	Degradación (%)
				x	y	Y		
1*	20	24.0	23 800	0.386	0.407	38.33	383.67	**15.26
2*	20	26.5	40 500	0.384	0.404	38.39	369.56	**18.38
3	20	21.0	90 000	0.376	0.404	41.90	426.66	24.25
4	20	21.5	73 600	0.371	0.414	41.45	292.87	25.06
5	20	22.0	90 000	0.373	0.414	42.54	322.07	17.59
6	20	19.5	51 500	0.371	0.390	40.81	454.40	15.26
7	20	22.0	84 000	0.378	0.399	39.87	306.91	21.47

* Pulpa Despectinizada

**Los porcentajes reportados más 19.61% debido a la despectinización.

En las figuras de la 25 a la 30 se muestran nuevamente la evolución de cada una de las características analizadas a lo largo de los seis meses de almacenamiento y que en ellas se puede comparar el efecto de los distintos tratamientos en cada una de las características.

Ya que la característica que más variación presenta es el ácido ascórbico. Además de ser la variable que refleja de una manera más clara el efecto del proceso de almacenamiento; a continuación se muestran los resultados del análisis estadístico de los valores encontrados para ese compuesto.

FIGURA 25

% DE SOLIDOS SOLUBLES VS TIEMPO (meses)
DE ALMACENAMIENTO

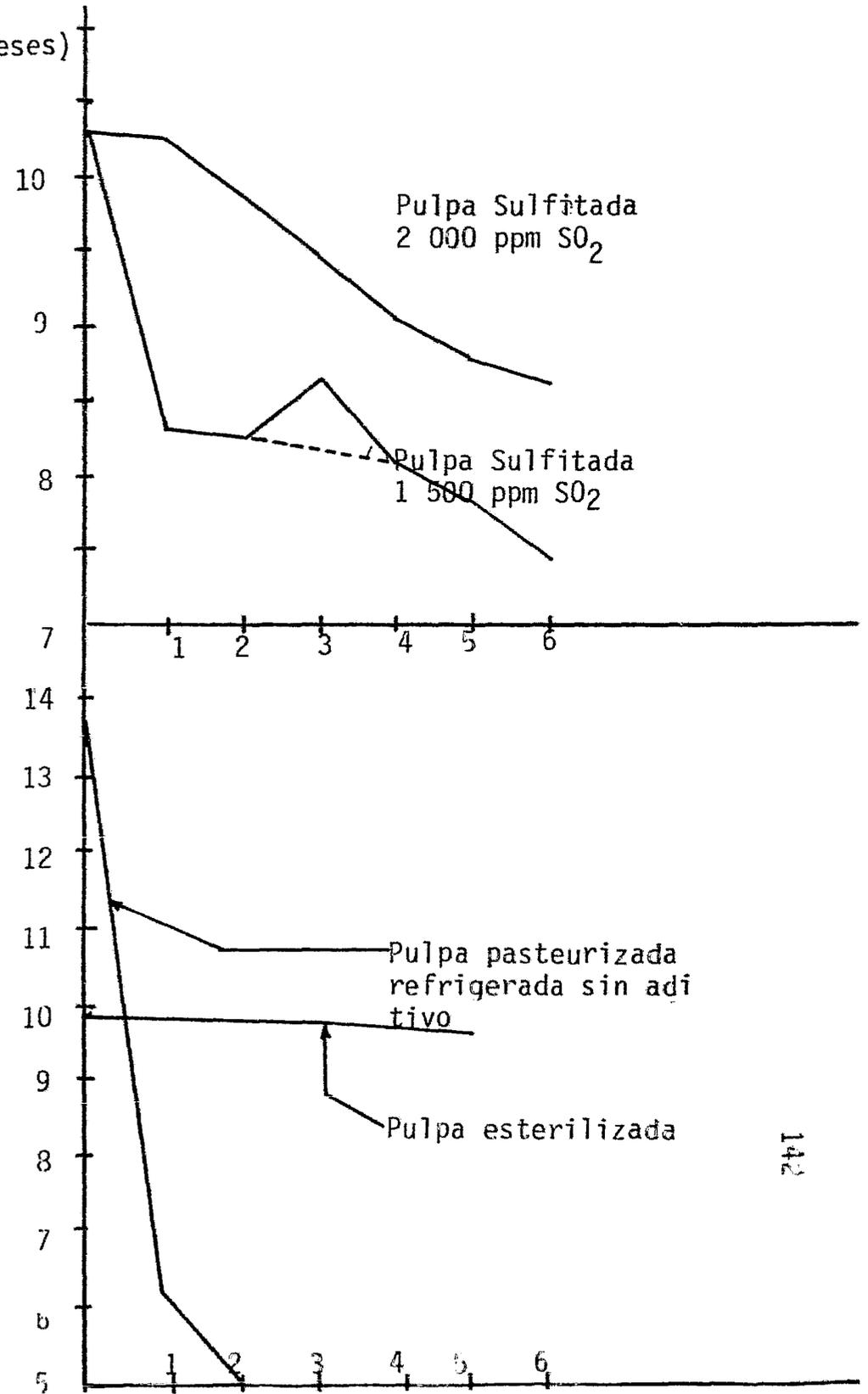
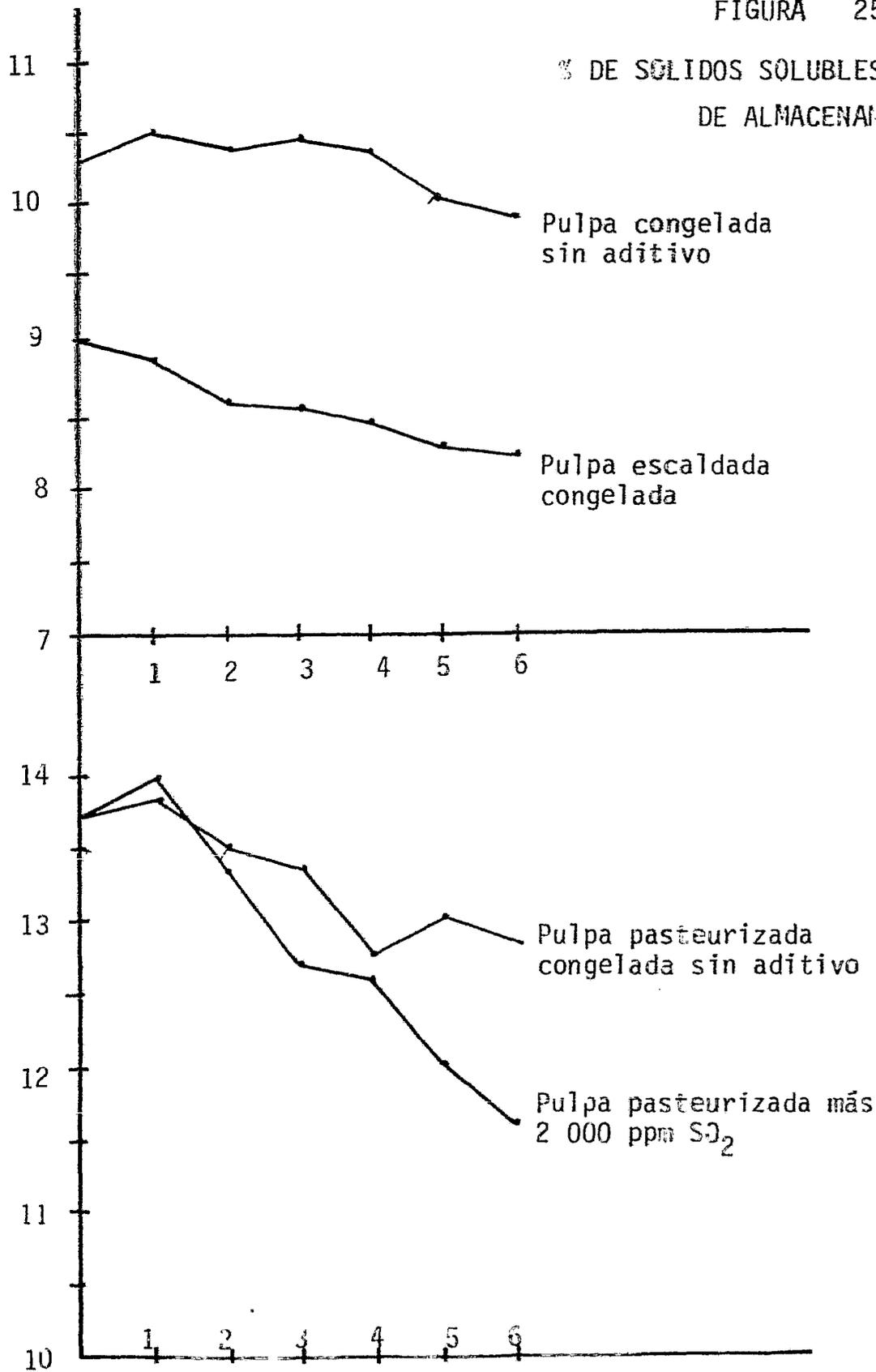


FIGURA 26
 ACIDEZ TOTAL TITULABLE VS TIEMPO (meses)
 DE ALMACENAMIENTO

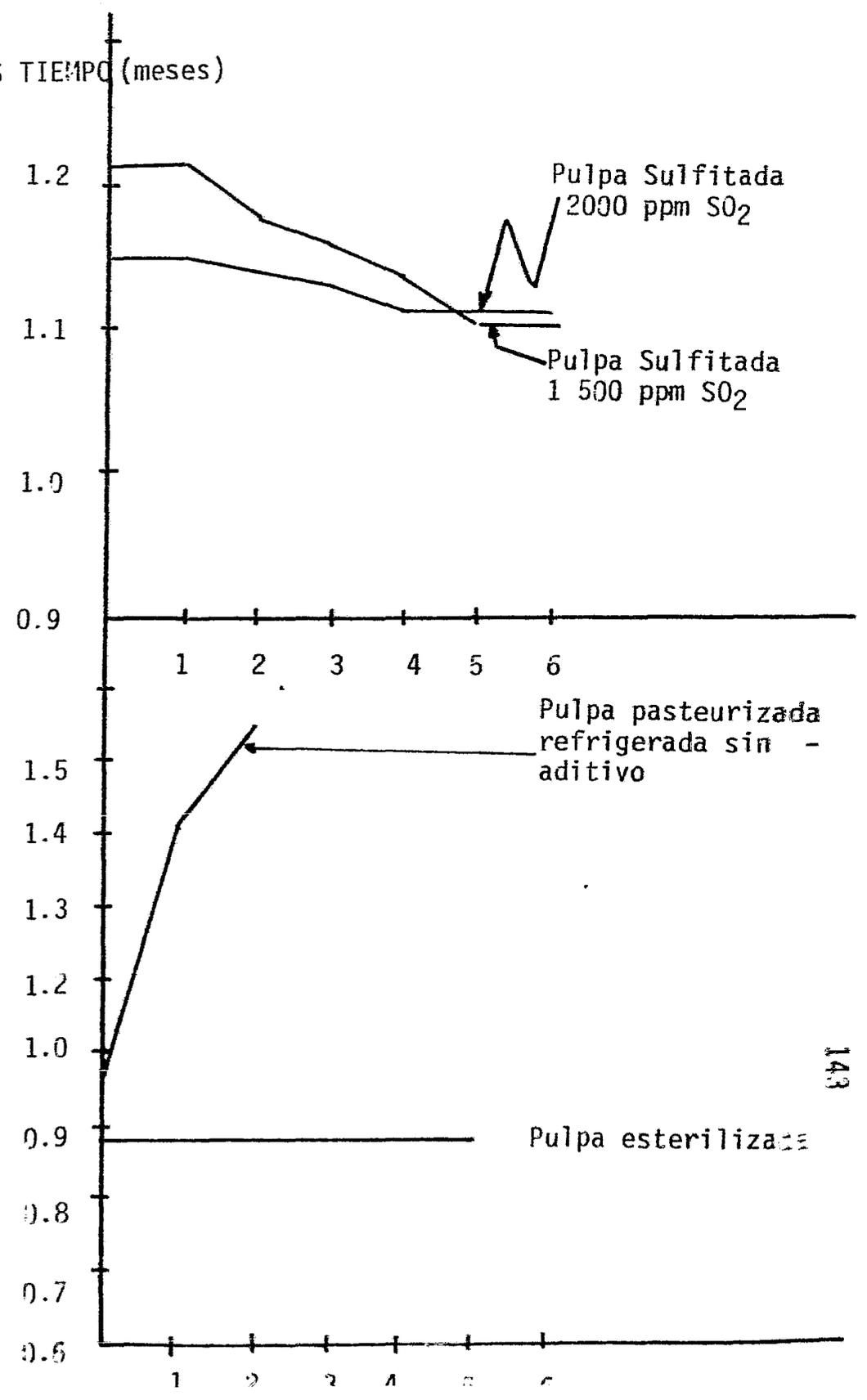
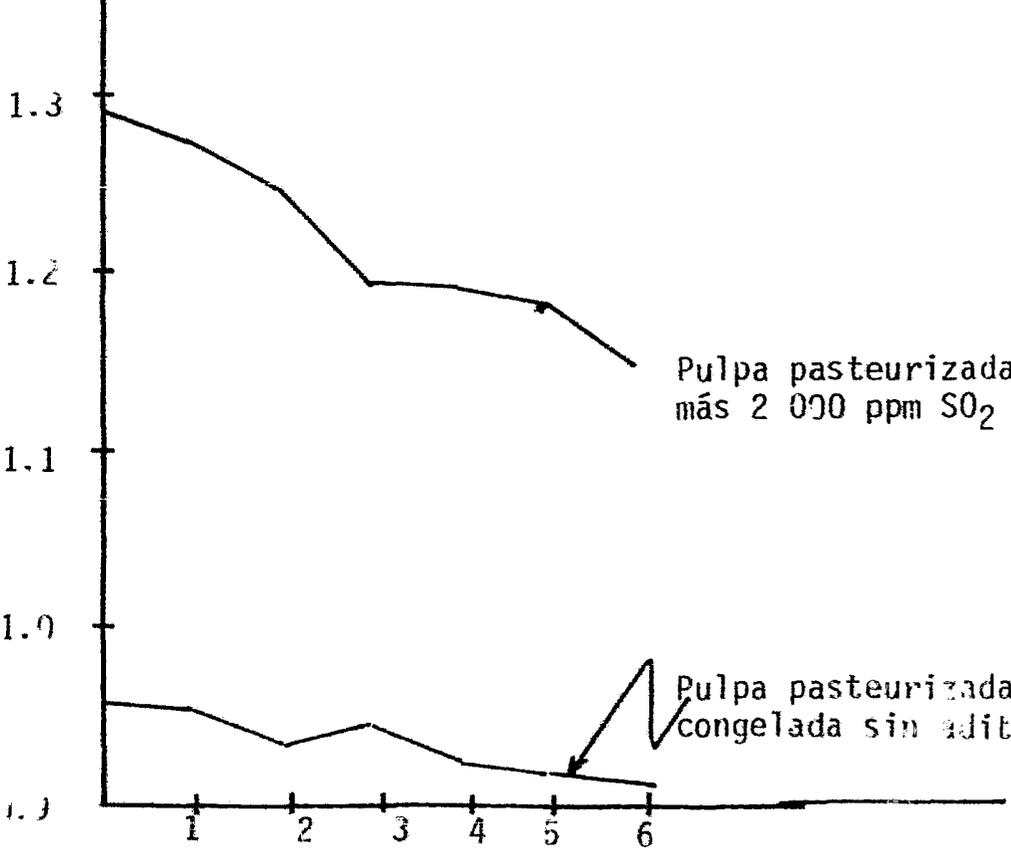
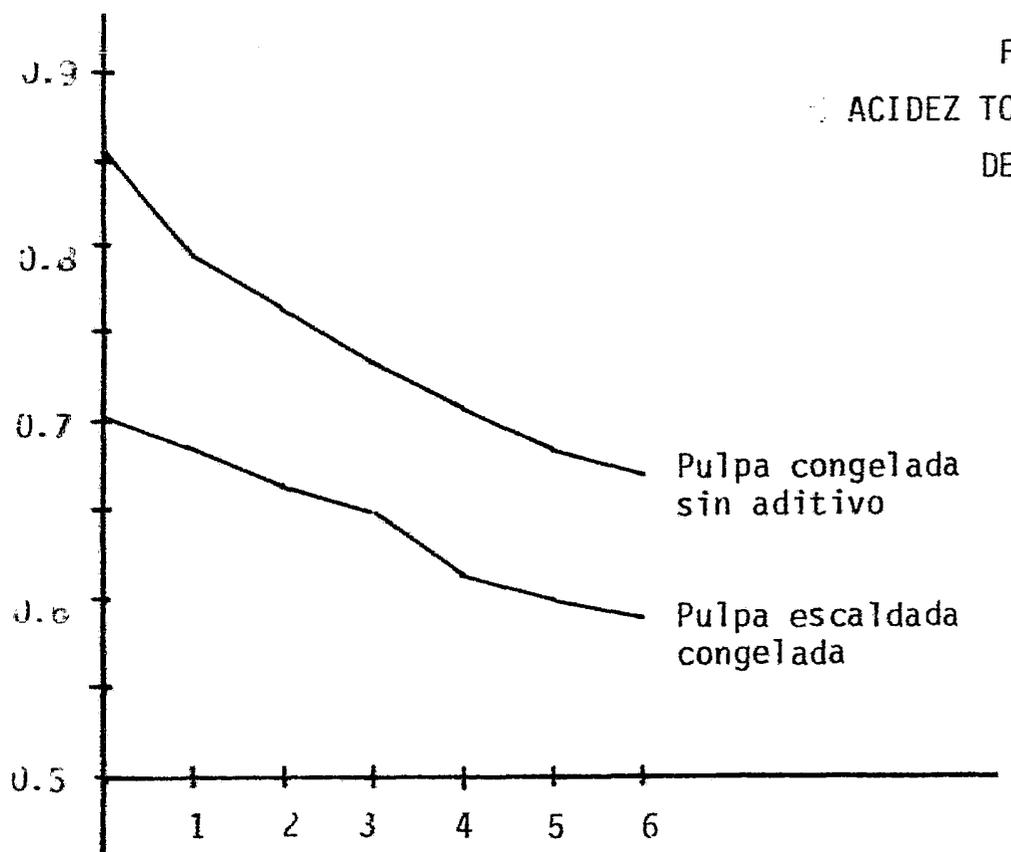


FIGURA 27

% REDUCTORES DIRECTOS VS TIEMPO DE ALMACENAMIENTO

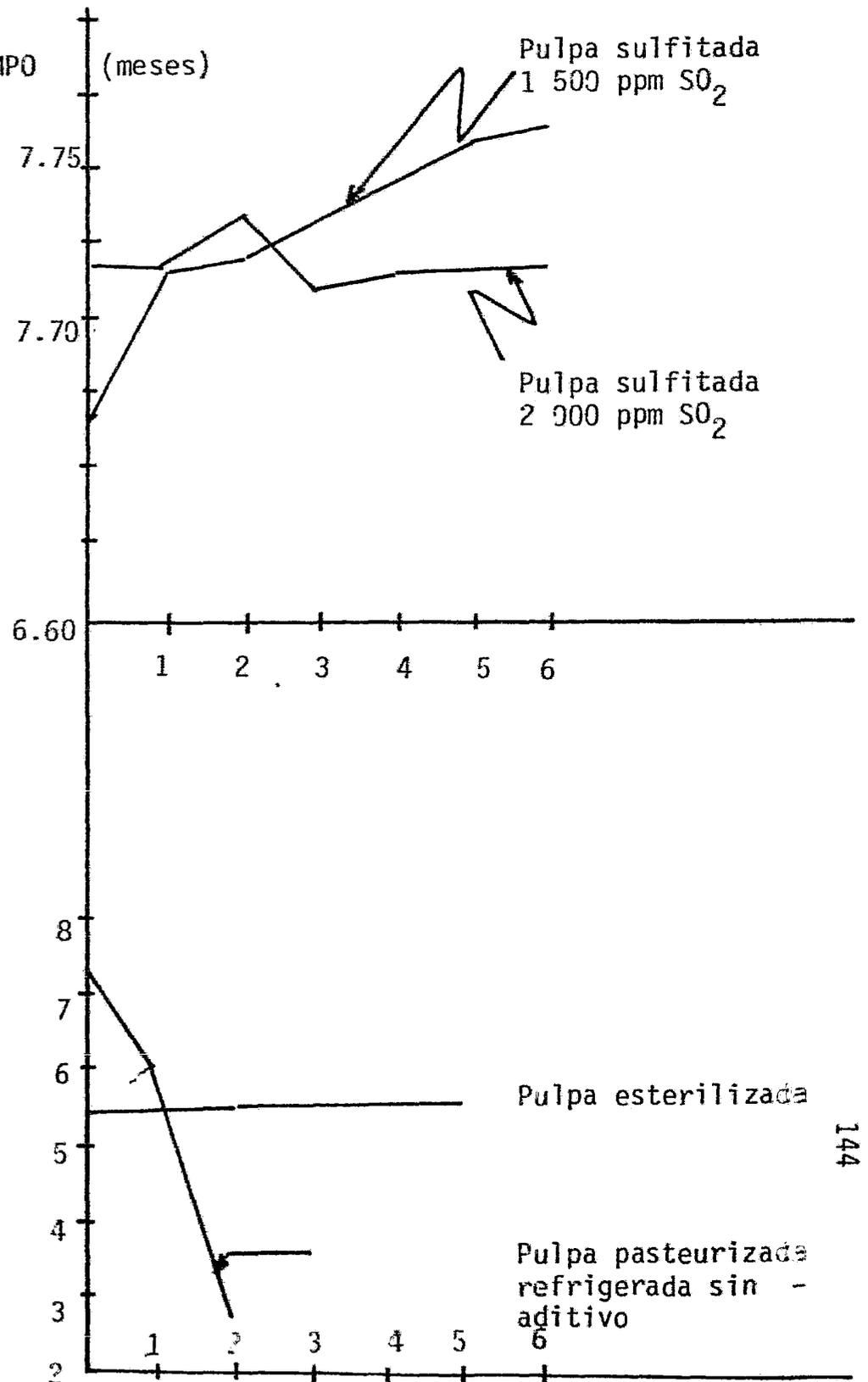
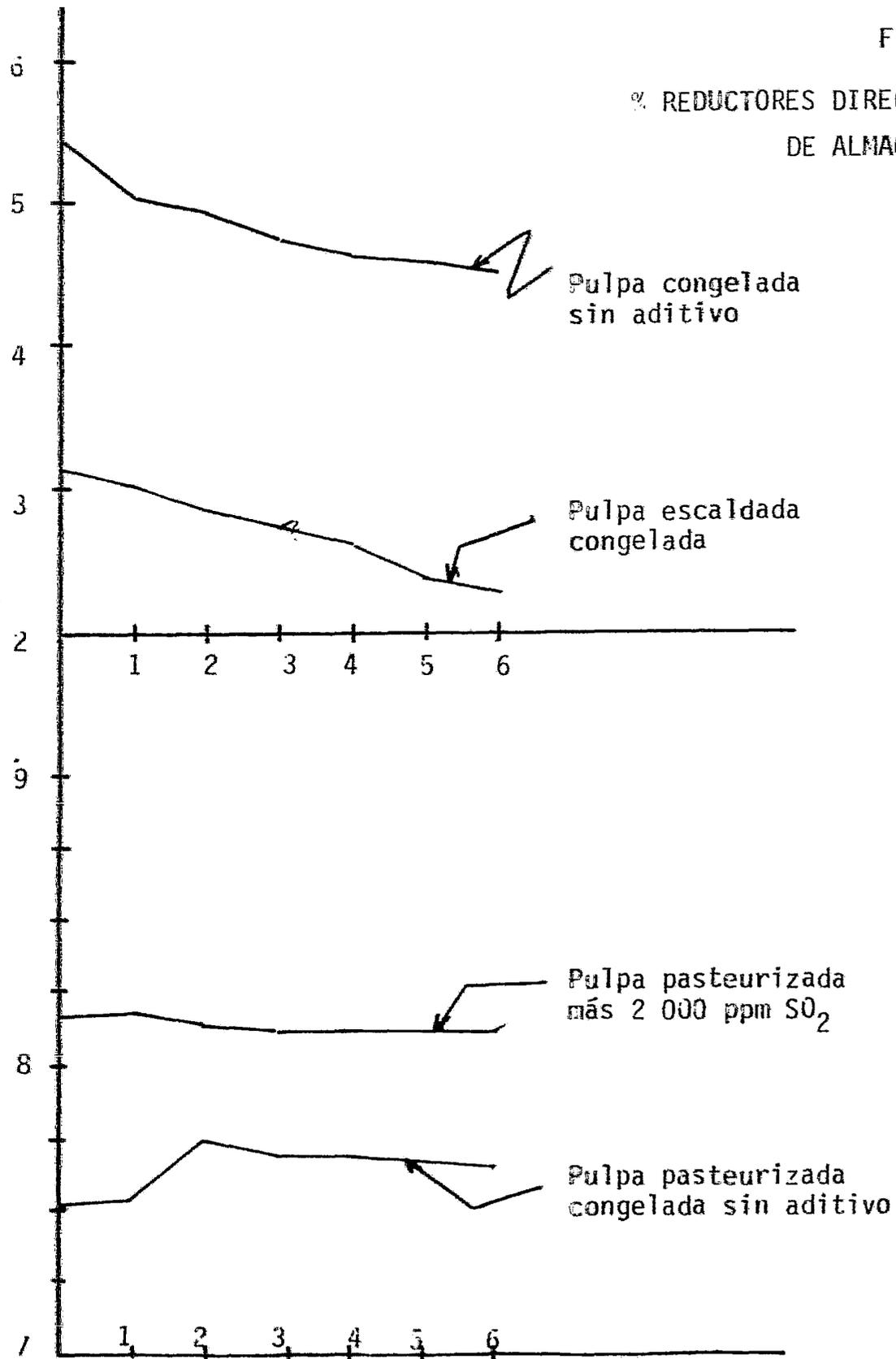


FIGURA 28

% REDUCTORES TOTALES VS TIEMPO DE ALMACENAMIENTO

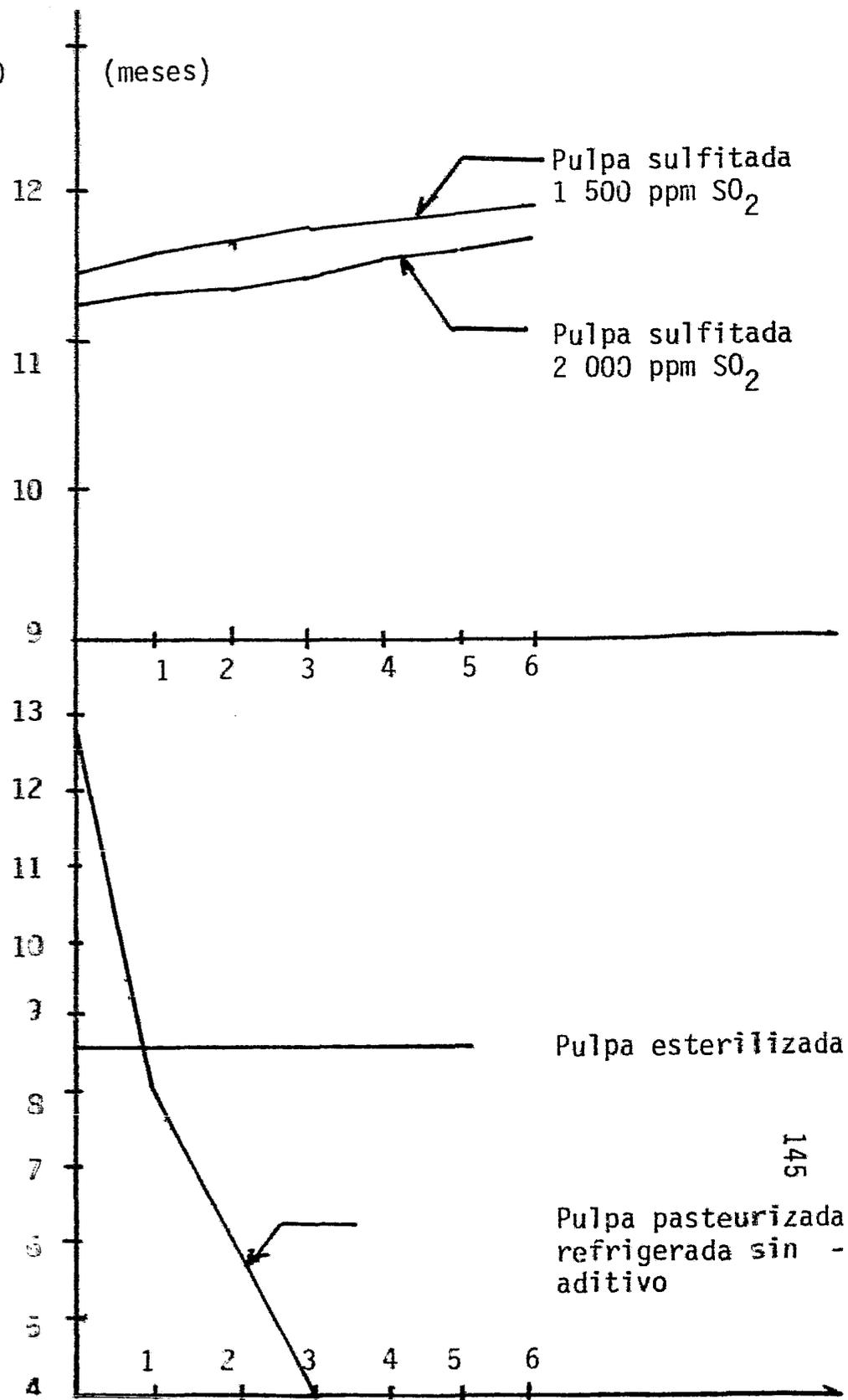
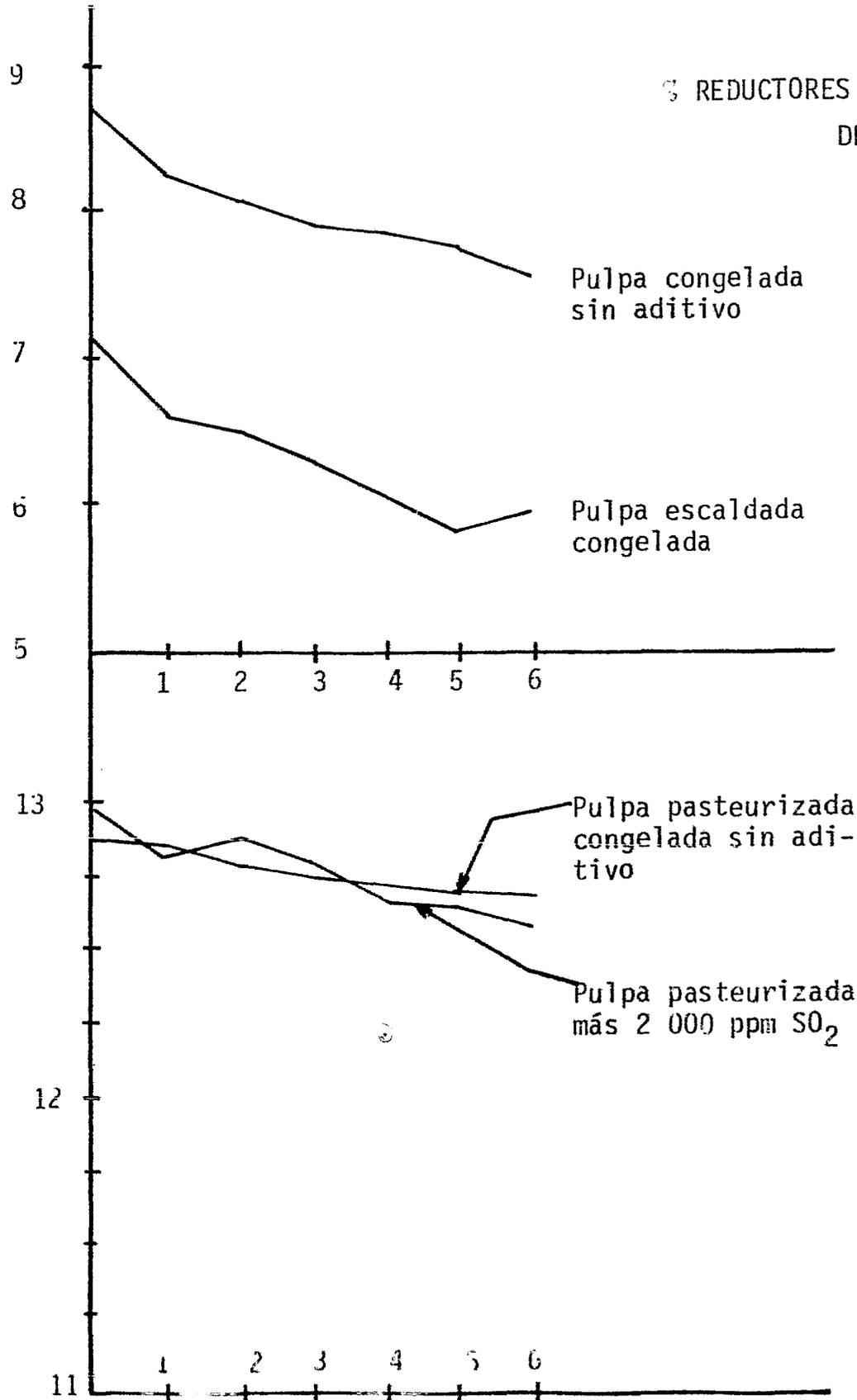


FIGURA 29

mg ACIDU ASCORBICO/100g VS TIEMPO
DE ALMACENAMIENTO

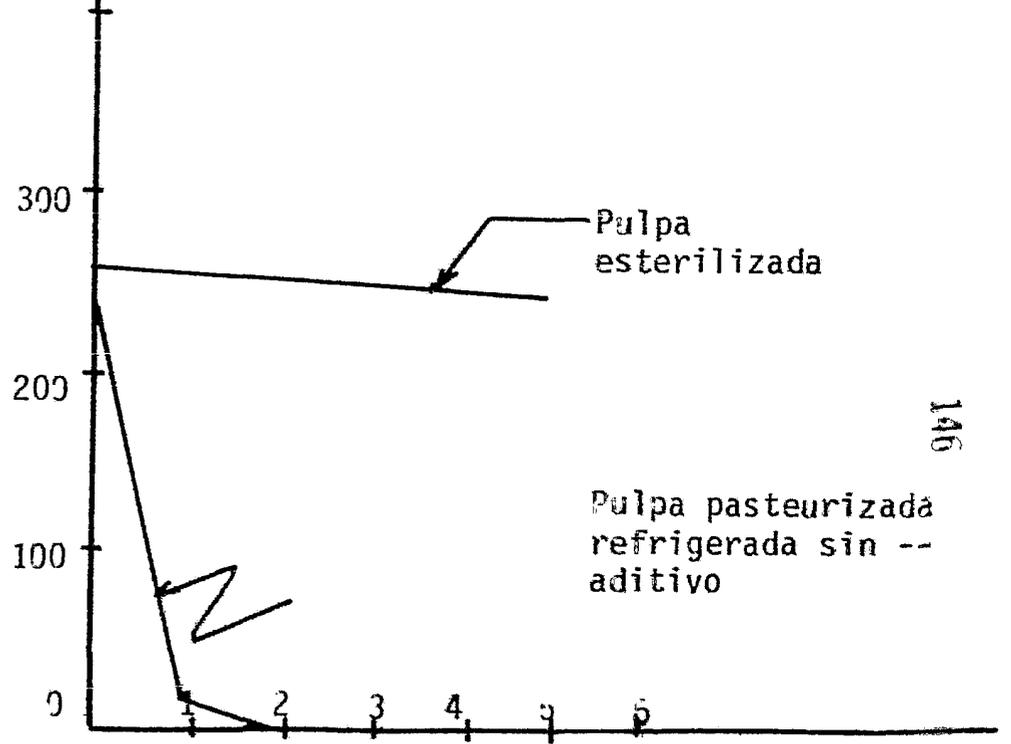
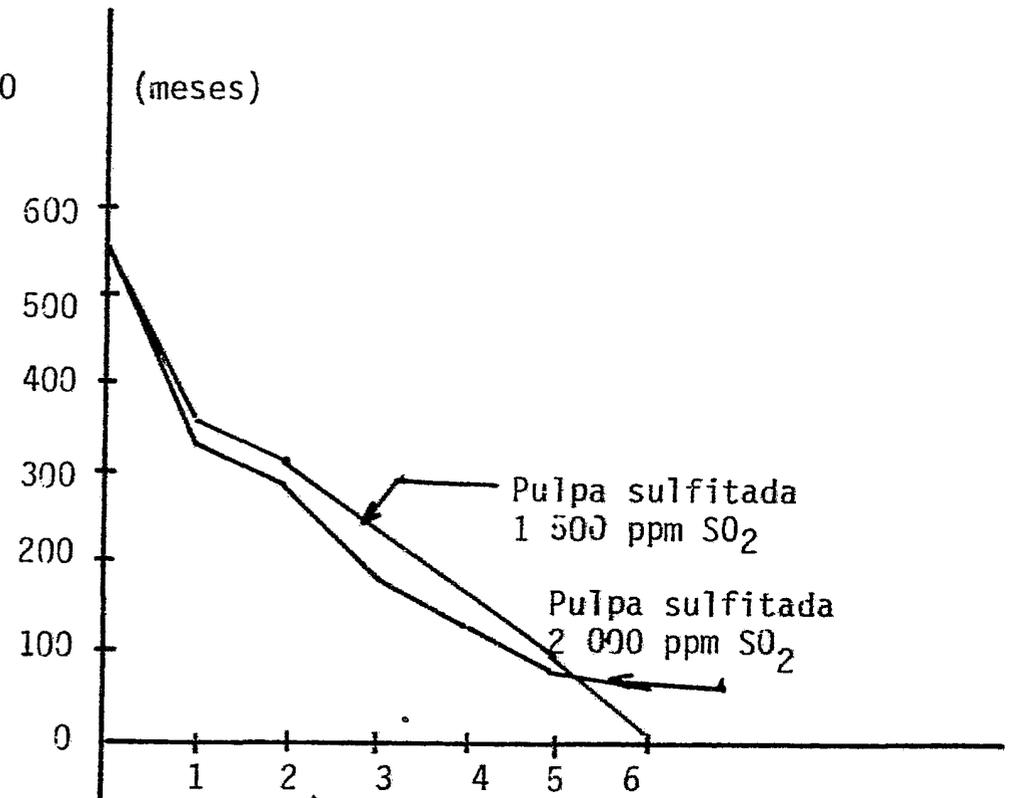
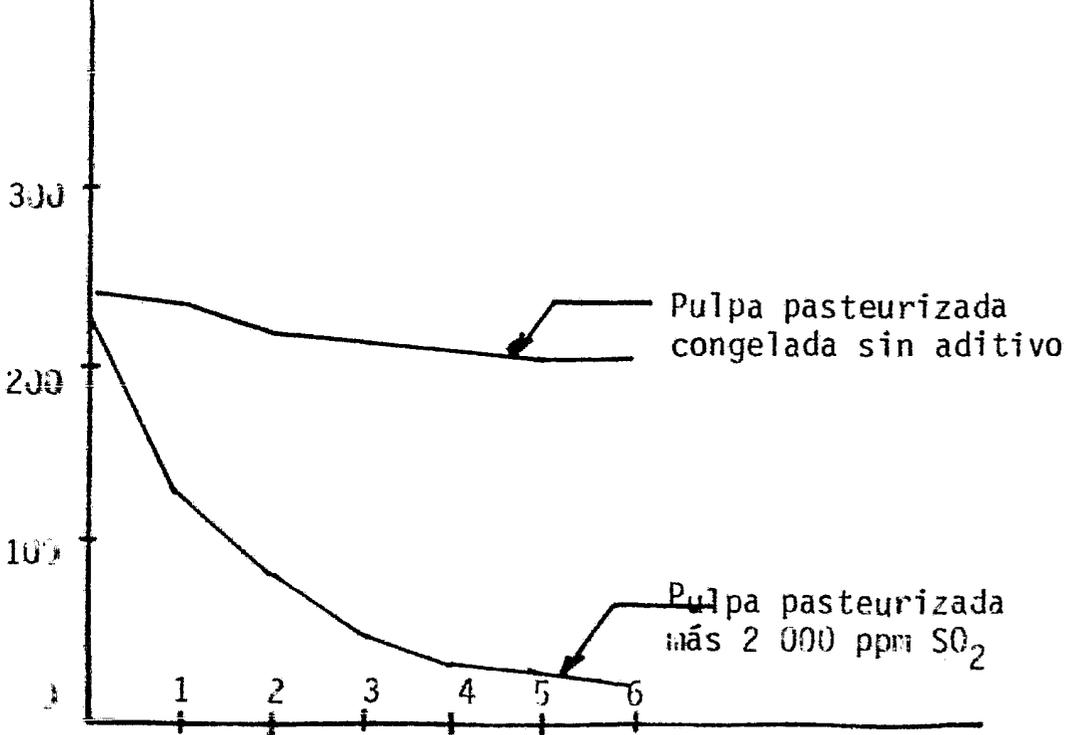
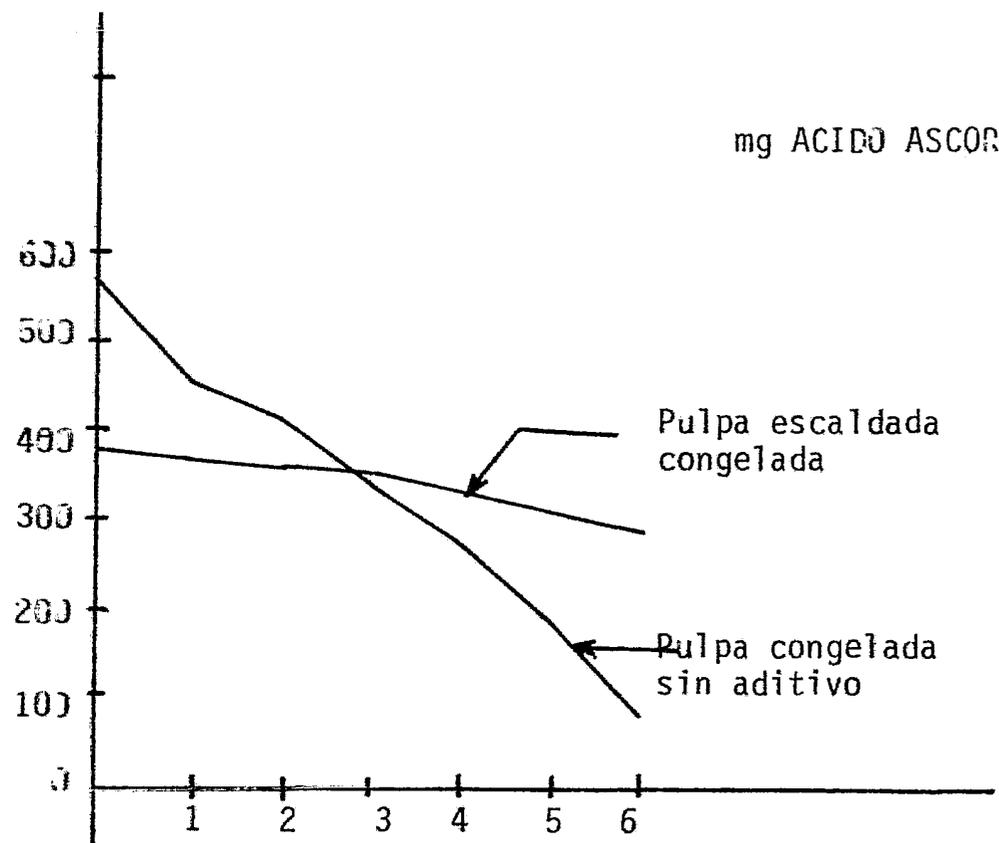
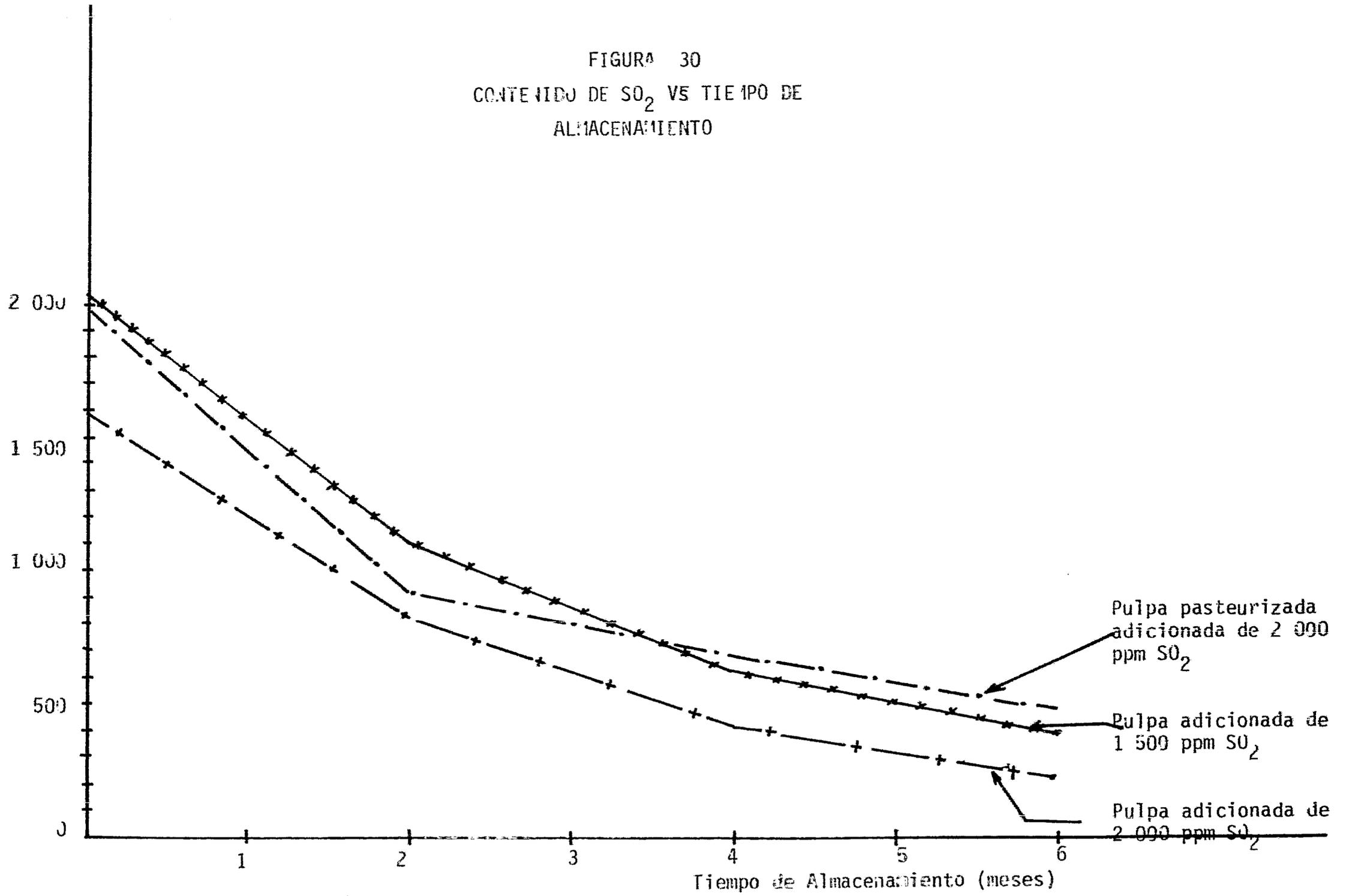


FIGURA 30
CONTEIDO DE SO₂ VS TIEMPO DE
ALMACENAMIENTO



Análisis Estadístico del comportamiento del ácido ascórbico durante el almacenamiento

Se consideró importante el realizar un análisis de varianza - para los valores obtenidos para ácido ascórbico a los diferentes -- tiempos de almacenamiento y para cada uno de los tratamientos estudiados. La hipótesis en cada uno de los tratamientos a probar fué que el contenido de ácido ascórbico permanecía constante a lo largo del almacenamiento; para probar ésta hipótesis se comparo la F de Fisher calculada con la F de tablas para un nivel de significancia del 5%; en caso de que se rechazara esta hipótesis, se aplicó el método de comparaciones múltiples de Tukey, para detectar las diferencias y cuantificarlas a un nivel de significancia del 5%. En el caso de emplearse este método la hipótesis a probar fué que el contenido de ácido ascórbico es igual de un mes a otro; el criterio de rechazo empleado en este caso fué :

$$\bar{Y}_i - \bar{Y}_j \quad \text{DMSH}$$

Los resultados del análisis de varianza y del análisis de comparación múltiple para cada uno de los tratamientos se encuentran en -- los cuadros del XXVIII al XXXIV. Las barras en los resultados del - análisis de comparación múltiple quieren decir que no existe diferencia significativa a un nivel del 5%.

CUADRO XXVIII

ANOVA para el contenido de ácido ascórbico en base a los resultados de los análisis químicos efectuados en PULPA DE GUAYABA CONGELADA - SIN ADICION DE ADITIVO y a lo largo de un período de seis meses de almacenamiento.

F V	G L	S C	C M	F C
T	6	1 155 173.1	192 528.85	401.00
L	6	254 164.8	42 360.80	88.25
E	36	17 280.3	480.01	---
TA	48	1 426 618.3	---	---

La hipótesis propuesta se rechaza si $FC > F$ de tablas ; en este caso F de tablas para un nivel de significancia del 5% es :

$$F_{(1,-0.05)}^{(6,36)} = \underline{2.36} \quad \text{y como}$$

401.00 > 2.36 la hipótesis se rechaza

Por lo tanto, se procede a aplicar el método de las comparaciones múltiples de Tukey para detectar en donde se encuentran esas diferencias y a un nivel de significancia del 5%.

$$DMSH = q_{(7,36)}^{(1-0.05)} \cdot \frac{CME}{7} = 4,39 \cdot \frac{CME}{7} = \underline{36.356}$$

CUADRO XXVIII

ANOVA para el contenido de ácido ascórbico en base a los resultados de los análisis químicos efectuados en PULPA DE GUAYABA CONGELADA - SIN ADICION DE ADITIVO y a lo largo de un período de seis meses de almacenamiento.

F V	G L	S C	C M	F C
T	6	1 155 173.1	192 528.85	401.00
L	6	254 164.8	42 360.80	88.25
E	36	17 280.3	480.01	---
TA	48	1 426 618.3	---	---

La hipótesis propuesta se rechaza si $FC > F$ de tablas ; en este caso F de tablas para un nivel de significancia del 5% es :

$$F_{(1,-0.05)}^{(6,36)} = \underline{2.36} \quad \text{y como}$$

401.00 > 2.36 la hipótesis se rechaza

Por lo tanto, se procede a aplicar el método de las comparaciones múltiples de Tukey para detectar en donde se encuentran esas diferencias y a un nivel de significancia del 5%.

$$DMSH = q_{(7,36)}^{(1-0.05)} \cdot \frac{CME}{7} = 4,39 \cdot \frac{CME}{7} = \underline{36.356}$$

Valores promedio del contenido de ácido ascórbico a diferentes tiempos
de almacenamiento

Tiempo (meses)	0	1	2	3	4	5	6
AA (mg/100g)	596.96	455.41	416.94	343.51	274.48	192.97	80.60

Esto quiere decir que existen diferencias significativas mayores del 5% de mes a mes de almacenamiento.

CUADRO XXIX

ANOVA para el contenido de ácido ascórbico en base a los resultados - obtenidos en los análisis químicos efectuados en PULPA DE GUAYABA CONGELADA PREVIAMENTE ESCALDADA y a lo largo de un período de seis meses de almacenamiento.

F V	G L	S C	C M	F C
T	6	45 908.43	7 651.41	82.97
L	6	141 252.08	23 542.01	255.31
E	36	3 319.51	92.21	---
TA	48	190 480.00	---	---

Ya que $82.97 > 2.36$ se rechaza la hipótesis; entonces del -- análisis de Tukey $DMSH = 15.31$ y por tanto :

Valores promedio para el contenido de ácido ascórbico a diferentes tiempos de almacenamiento

Tiempo (meses)	0	1	2	3	4	5	6
AA (mg/100g)	<u>388.02</u>	<u>369.76</u>	<u>358.16</u>	346.50	328.11	309.69	291.06

Tal y como se observa no existen diferencias significativas - entre el tiempo cero y el primer mes de almacenamiento, ni entre es te y el segundo y ni entre este el segundo y el tercero; a partir del tercer mes las diferencias son significativamente mayores del - 5%.

CUADRO XXX

ANOVA para el contenido de ácido ascórbico en base a los resultados de los análisis químicos efectuados en PULPA DE GUAYABA ADICIONADA DE 1 500 ppm de SO_2 y mantenida bajo condiciones de refrigeración a lo largo de seis meses de almacenamiento.

F V	G L	S C	C M	F C
T	6	1 432 287.00	237 214.50	142.78
L	6	109 199.42	18 199.90	10.95
E	36	59 807.28	1 661.31	---
TA	48	1 592 293.70	---	---

Ya que $142.78 > 2.36$ la hipótesis se rechaza.

DMSH = 67.63 entonces :

Valores promedio para el contenido de ácido ascórbico a diferentes
tiempos de almacenamiento

Tiempo (meses)	0	1	2	3	4	5	6
AA (mg/100g)	568.81	357.67	317.74	236.97	175.25	97.23	12.46

No existen diferencias significativas entre el primero y segundo mes de almacenamiento, ni entre tercero y cuarto mes para un nivel de significancia del 5%.

CUADRO XXXI

ANOVA para el contenido de ácido ascórbico en base a los resultados de los análisis químicos efectuados en PULPA DE GUAYABA ADICIONADA DE 2 000 ppm de SO_2 y mantenida bajo condiciones de refrigeración a lo largo de un período de seis meses de almacenamiento.

F V	G L	S C	C M	F C
T	6	1 366 012.30	227 668.72	32.82
L	6	80 893.47	13 482.25	1.94
E	36	249 671.97	6 935.33	---
TA	48	1 696 577.70	---	---

Ya que $32.82 > 2.36$ se rechaza la hipótesis y, $DMSH = 138.53$

Valores promedio del contenido de ácido ascórbico a diferentes tiempos de almacenamiento

Tiempo (meses)	0	1	2	3	4	5	6
AA (mg/100g)	570.54	333.16	291.12	184.55	130.16	76.87	58.28

Tal y como puede observarse se mantiene una correlación en las pérdidas de ácido ascórbico de mes a mes de almacenaje. Al comparar los resultados obtenidos en este caso con los obtenidos en la Pulpa adicionada de 1 500 ppm de SO_2 se observa, que aunque las pérdidas de ácido ascórbico son similares en ambos casos, el adicionar una concentración más elevada de éste aditivo produce una mayor estabilidad en cuanto a que los valores guardan una correlación entre sí.

CUADRO XXXII

ANOVA para el contenido de ácido ascórbico en base a los resultados de los análisis químicos obtenidos en PULPA DE GUAYABA PASTEURIZADA Y MANTENIDA BAJO CONGELACION a $-10^{\circ}C$, $-20^{\circ}C$ a lo largo de un período de seis meses de almacenamiento.

F V	G L	S C	C M	F C
T	6	3 722.96	620.49	2.268
L	1	5 950.94	5 950.94	21.757
E	6	1 641.05	273.51	---
TA	13	11 319.95	---	---

$$F_{(6,6)}^{(1-0.05)} = 4.28$$

Como $2.268 < 4.28$, la hipótesis propuesta de que el contenido de -- ácido ascórbico no cambia a lo largo del almacenamiento se acepta. Por tanto, la pasteurización complementada con congelación es un trata tamiento que resulta en una máxima retención de ácido ascórbico.

CUADRO XXXIII

ANOVA para el contenido de ácido ascórbico en base a los resultados de los análisis químicos efectuados en PULPA DE GUAYABA PASTEURIZADA Y ADICIONADA DE 2 000 ppm de SO_2 y mantenida bajo refrigeración a lo largo de un período de seis meses de almacenamiento.

F V	G L	S C	C M	F C
T	7	107 064.21	15 294.88	166.63
L	1	36.47	36.47	0.39
E	7	642.58	91.79	---
TA	15	107 743.26	---	---

$$F_{(7,7)}^{(1-0.05)} = 3.79$$

Como $166.63 > 3.79$ la hipótesis propuesta se rechaza; entonces --

DMSH = 39.389

$$F_{(1-0.05)}^{(3,3)} = 9.28$$

Como $23.39 > 9.28$ la hipótesis propuesta se rechaza. Entonces del análisis de comparaciones múltiples de Tukey se tiene que: --
DMSH = 136.395.

Valores promedio del contenido de ácido ascórbico a diferentes tiempos de almacenamiento

Tiempo (meses)	0	1	2	3	4	5
AA (mg/100g)	444.91	<u>260.71</u>		<u>249.72</u>		<u>245.99</u>

Tal y como se puede observar el tratamiento térmico provoca degradación de ácido ascórbico significativa a un nivel del 5%; - pero a lo largo del almacenamiento este nutriente se mantiene estable.

. En el Cuadro XXXV se resumen los resultados obtenidos para - cada uno de los tratamientos una vez efectuado el análisis de comparaciones múltiples de Tukey.

CUADRO XXXV

Resultado de las comparaciones entre los valores promedio del contenido de ácido ascórbico empleando el método de comparaciones múltiples de Tukey.

Tratamiento Evaluado	Valores Promedio del contenido de ácido ascórbico a diferentes tiempos de almacenamiento.							
	0	1	2	3	4	5	6	7
Congelación sin aditivo	596.96	455.41	416.94	343.51	274.48	192.97	80.60	----
Congelación previo escaldado	<u>369.76</u>	<u>308.02</u>	<u>358.16</u>	<u>346.50</u>	<u>328.11</u>	<u>309.69</u>	<u>291.06</u>	----
Sulfitación(1 500-ppm SO ₂)	568.81	<u>357.77</u>	<u>317.74</u>	<u>236.97</u>	<u>175.25</u>	97.23	12.46	----
Sulfitación(2 000-ppm SO ₂)	<u>570.54</u>	<u>333.16</u>	<u>291.12</u>	<u>184.55</u>	<u>130.16</u>	<u>76.87</u>	<u>58.28</u>	----
Pasteurización más 2 000 ppm SO ₂	<u>293.24</u>	<u>226.26</u>	131.97	<u>84.99</u>	<u>50.14</u>	<u>37.95</u>	<u>30.30</u>	<u>23.61</u>
Esterilización	444.91	<u>260.71</u>	---	<u>249.72</u>	---	<u>245.99</u>	----	----

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones y recomendaciones que se tienen del presente trabajo se exponen a continuación.

Los análisis fisicoquímicos en fresco son importantes porque nos indican la posibilidad que tiene el fruto para industrializarse; de acuerdo a las características sobresalientes del mismo, se puede decidir cual es el producto derivado para el cual resulta más conveniente.

En el caso del presente trabajo se encontró que el tamaño de las guayabas criollas es muy pequeño, por lo que no resulta conveniente su utilización para la elaboración de cascos en almíbar; sin embargo, las características de sólidos solubles, acidez total titulable, contenido de ácido ascórbico, sabor, aroma y color son bastante aceptables, por lo tanto, la obtención de pulpa es muy factible.

Un aspecto importante que se debe de considerar son los rendimientos, en este caso, los encontrados son del orden del 60% ; éstos son similares a los reportados en la literatura para variedades mejoradas ; este hecho constituye un punto más a favor para considerar la obtención de pulpa.

La acidez total titulable que tienen las guayabas criollas es elevada (un promedio de 0.856% expresada como ácido cítrico), esto también resulta conveniente, ya que se reduce la cantidad de ácido a añadir durante la elaboración del néctar (que es uno de los productos derivados más importantes).

Generalmente el contenido de ácido ascórbico y las características sensoriales son las que presentan mayor variación, y es por esta razón por lo que se les dió un mayor énfasis en este trabajo.

Los tipos criollos de guayaba presentan aroma y sabor característicos e intensos ; esto es importante, ya que en un producto procesado se desea que se conserven al máximo las propiedades del fruto fresco. En lo que respecta al color; se ha encontrado que para los gustos del mexicano es indistinto el color rosado o amarillo para guayaba y sus productos, por lo que no se tiene ningún problema en ese sentido.

El contenido de ácido ascórbico encontrado es elevado (un promedio de 569 mg/100g); este hecho resulta de suma importancia ya que, aunque se tenga degradación de este nutriente debida al procesamiento, el aporte que de esta vitamina tengan los productos derivados, es todavía elevado. Debido a lo anterior, es el que se hayan estudiado los diferentes tratamientos de conservación tradicionales, y el que se haya analizado cuidadosamente el comportamiento de las características de la pulpa a lo largo del almacenamiento, y en especial el contenido de ácido ascórbico.

Se estudió la congelación lenta en pulpa sin tratamiento previo, en pulpa obtenida de guayabas escaldadas, y en pulpa previamente pasteurizada. En primer lugar, las pérdidas de ácido ascórbico debidas al escaldado y a la pasteurización son elevadas -

(32.8% y 30.87% respectivamente); estos resultados nos indican que es necesario estudiar estos procesos más a fondo para que se puedan establecer las condiciones que aseguren una mínima degradación de este nutriente.

Después de seis meses de almacenamiento se registraron las siguientes pérdidas de Vitamina C: 84.5% para pulpa obtenida de guayabas sin escaldar, 24% para pulpa de guayabas escaldadas y 14.64% para pulpa que se pasteurizó previamente. Como puede observarse, es importante el tratamiento térmico previo, ya que con este se inactivan las enzimas que provocan degradación del producto durante el almacenamiento.

El análisis estadístico del comportamiento del ácido ascórbico a lo largo del almacenamiento nos indica que en la pulpa congelada sin tratamiento previo existe diferencia significativa mayor del 5% de mes a mes de almacenamiento, en la pulpa congelada previo escaldado, existe una correlación hasta el tercer mes de almacenamiento; lo que nos indica una no muy eficaz inactivación enzimática y en la pulpa previamente pasteurizada el contenido de ácido ascórbico permanece constante a un nivel de significancia del 5%.

Definitivamente, no se recomienda la sulfitación para la conservación de este producto; las pérdidas de vitamina C después de seis meses de almacenamiento son muy elevadas (96.12% para pulpa adicionada de 1 500 ppm de SO_2 , 89.77% para pulpa adicionada -

de 2 000 ppm de SO_2). Si se considera además el hecho de que es necesario desulfitar debido a que las concentraciones de SO_2 empleadas son elevadas y que el desulfitar implica un tratamiento térmico severo que seguramente degradará por completo el restante ácido ascórbico, no se puede aceptar en este producto la sulfitación como medio de conservación.

La pulpa que se pasteurizó y se almacenó bajo condiciones de refrigeración sin ningún tipo de aditivo, resultó completamente inaceptable al mes de almacenamiento, es por tanto necesario el utilizar un aditivo, pero es necesario encontrar el aditivo que produzca un mínimo daño al valor nutricional del producto.

Con las condiciones empleadas para la esterilización del producto se provocó una degradación del 38.89% del ácido ascórbico inicial; lo que significa que el tratamiento térmico fue muy severo, esto quedó ratificado al observarse cambios muy importantes en el color y sabor del producto. No obstante, durante el almacenamiento, tal y como nos lo indicó el análisis estadístico, no se tienen diferencias en el contenido de ácido ascórbico para el nivel de significancia del 5% considerado.

Debido a que la severidad del tratamiento térmico provoca cambios importantes en la calidad general del producto, se hace

inminente el considerar la optimización del proceso con miras a retener, en primer lugar los factores nutricionales, y después los factores sensoriales; se determinaron los valores de E_a y z para ácido ascórbico, color y consistencia; no obstante de las limitaciones que se tuvieron en el laboratorio, los valores encontrados son comparables a los reportados en la literatura para esas características; los valores son : $z = 74.953^\circ\text{F}$ y $E_a = 12.846\text{Kcal/mol}$ para vitamina C, $z = 60.841^\circ\text{F}$ y $E_a = 15.919\text{Kcal/mol}$ para color, y $z = 86.747^\circ\text{F}$ y $E_a = 11.188\text{Kcal/mol}$ para consistencia. Como se mencionó en las generalidades estos valores nos indican la dependencia de las reacciones degradativas con la temperatura, en los casos estudiados los valores encontrados muestran una menor dependencia de la temperatura al compararlos con los valores que tienen las esporas y las células vegetativas de microorganismos; en base a esto se puede adelantar que un tratamiento de alta temperatura y corto tiempo resultaría en una máxima retención de vitamina C, color y consistencia, y al mismo tiempo un adecuado nivel de destrucción de microorganismos. No obstante, la optimización es un proceso sumamente complejo, en el cual se deben de considerar muchísimos aspectos; por lo tanto, los valores encontrados sólo son una mínima contribución al proceso de optimización, pero nos dan idea de las posibilidades que se tienen en la retención de los factores estudiados.

La concentración no pudo estudiarse más ampliamente, sin embargo, se propone el que sigan realizando ensayos de concentración sobre pulpa de guayaba en el Centritherm, considerando también la recuperación de aromas, ya que la guayaba es una fr ta muy aromática.

Considerando que los rendimientos de pulpa son del 60%, y que el subproducto restante se desechá, resultaría interesante el realizar un estudio específico sobre las posibles utilizacio nes de este, que bien pudiera ser su utilización como forraje ; también existe la posibilidad de extracción de aceite de las se millas(se ha encontrado un 94% de lípidos sobre peso seco en se millas de guayaba, de los cuales el 79.1% corresponde a ácido - linoléico, Opute(1978); o la extracción de pectina, compuesto - presente en cantidades elevadas, antes de la obtención del semi elaborado, procurando una pérdida mínima de las características del mismo.

BIBLIOGRAFIA

- AOAC Official and Tentative Methods of Analysis 11th. Edition Washington D.C. USA. 1969.
- Asenjo C.F. et.al. Vitamins in canned Puerto Rican Fruit Juices and - Nectars. Universidad de Puerto Rico. J. Agric. 52(1):64-70 1968.
- Ball C.O. & Olson. "Sterilization in Food Technology" Mac. Graw Hill - Book. Co. Inc. New York. 1957.
- Brekke J.E. Tonaki K.I. Stability of guava pures concentrate during refrigerated storage. J. Food Sci. 35:469-471 (1970).
- Brekke J.E. Tropical Fruit beverage bases, Hawaii Agricultural Exp. -- Sta. College of tropical Agriculture. Research report(1961).
- Brekke J.E. Guava processing and products. Hawaii Farm Science 20(4):8 (1971).
- Boyers W.W. and De Villiers D.J.R. Vitamin C content in guavas Farming in South Africa 17:319-336 (1942).
- Cañizares J.Z. La guayaba y otras frutas Myrtáceas. Instituto del Libro. Edición Revolucionaria. La Habana Cuba.(1968).
- Clifcorn LE. Factors influencing the Vitamin content of canned Food. Advances in Food Research. 1:39-100 (1948).
- CONAFRUT Dispersión de las principales especies frutícolas en México. SAG. (1968).
- CONAFRUT Fruticultura Mexicana. Información económica. Subdirección de Desarrollo Comercial SARH. (1978).
- Desrosier The Technology of Food Preservation. The Avi Pub. Co. Inc. Westport Conn. (1963).
- Eduardo AG. et al. Conservacao da polpa de goiaba em grandes recipientes por meio de metabissulfito de sódio. Coletânea do Ital Vol 7 : 217-229 (1976).
- Feelers CR. Effects of Fermentation on Food Nutrients in Nutritional Evaluation of Food Processing. R.S. Harris & Karmas.(1975).
- Guerrant N.B. MG. Vovich, O.B. Farding & H.A. Ellenberger. Effect of duration and Temperature of blanch on vitamin re

tion by certain vegetables. Ind. Eng. Chem. 39(8) 1000 - 1006. (1947).

Gangwar B.M. Biochemical Studies on Growth and ripening of guava Indian Food Packer. 26(5)13-15 (1972).

Harris & Karmas Nutritional Evaluation of Food Processing
The Avi Publishing Co. Inc. Westport Conn.(1975).

Jimenez M.A. A study of oxidizing enzymes of guava.
Food Research 12: 300-310 (1947).

Kramer A. and Twigg B.A. Fundamentals of Quality Control for Food Industry.
The Avi Publishing Co. Inc. Westport Conn. (1966).

Khurdiya D.S. and Susanta K.R. Studies on guava powder by cabinet drying.
Indian Food Packer Vol 28(5) 5-8 (1974).

Karmas E. Nutritional Aspects of Food Processing Methods in "Nutritional evaluation of Food Processing.
2nd. ed. Chapt. 1 Harris R.S. & Karmas E.
The Avi Publishing Co. Inc. Westport Conn. (1975).

Kenzo K et. al. Precessamento da polpa asséptica de goiaba.
Coletanedo ITAL. Vol 7 :299-315 (1976).

Lafuente Apuntes sobre el curso de procesamiento de cítricos México (1978).

Lee A.F. The Blanching Process
Advances in Food Research Vol 8 : 63-81 (1958).

Lee VC.Kerk J.et al. Kinetics and computer simulation of ascórbic acid stability of Tomato Juice as function of temperature, pH- and metal catalyst.
J. Food. Science 42:640 (1977).

Lenz MK.& Lund D.B. Experimental Procedures for determining destruction Kinetics of Food Components .
Food Tech. 34(2) 51 (1980).

Lund D.B. Effects of Heat Processing.
Food Technology 27:16 (1973).

Lund D.B. Heat Transfer in Foods Chapt 2 in Principles of Food Science part II .
New York & Bose (1975).

- Lund D.B. Effect of Heat Processing on Nutrients in "Nutritional Evaluation of Food Processing".
2nd Edition Chapt. 9 Harris R.S. & Karmas E.
The Avi Publishing Co. Inc. Wesport Conn. (1975)
- Lund DB. Maximizing Nutrient Retention
Food Technology 31(2) 71 (1977).
- Lund D.B. Design of Thermal Process for Maximizing Nutrient Retention.
Food Technology 31(2) 71 (1977)
- Lund DB. Effect of Commercial Processing on Nutrients.
Food Technology 33(2) 28-34 (1980).
- Luh BS. Feinberg B and J.I. Chung. Freezing of Fruits in Commercial Fruit Processing Woodroof J.G. and Puh B.S.
Chapter IX The Avi Pub. Co. Inc. Wesport Conn.(1975).
- Lutz & Handenberg. The Commercial Storage of Fruits & Vegetables & Florist & Nursery Stocks.
Agriculture HandBook, No. 66 USDA (1968).
- Muñoz S.G. Seminarios Frutícolas INIA-CIAB.
Comp. Agrícola Experimental de Pabellón Aqs. (1975)
- OEA Seminario sobre procesamiento de frutas tropicales,
Mexico . Unidad de Desarrollo Tecnológico. Depto. de -
Asuntos Científicos. Programa de Desarrollo Científico
y Tecnológico. (1976).
- Opute I.I. The component fattyacids of Psidium guajava seed fats.
J. Sci. Fd. Agric. 29: 737-738 (1978).
- Pauline C.P. Robertson W.H. Case H, Marshall. Nutritive Value of Canned Foods. No. XLIV. Enzyme inactivation and ascorbic-acid retention in vegetables blanched and held under different conditions prior to canning.
Food. Technology Dec. 464-467 (1952).
- Potter N. La Ciencia de los Alimentos
Edutex S.A. México (1978).
- Ranganna S. Manual of Analysis of fruit and vegetable products.
Tata Mc. Grow. Hill. Pub. Co. Ltd.
New Delhi (1977).

- Rao M. H. Lee. J.K. Cooley H.J. A Kinetics Study of the loss of Vitamin C, colorant firmness during thermal processing of ca
nned peas.
J. of Food Technology 34(2)51 (1981).
- Robinson W.B. & Sotz F. The Indophenol - Xylene extraction method for ascorbic acid
J. Biol. Chem. 160; 217-222 (1945).
- Rodrigo M.P.Lorenzo, J. Safón. Optimización de las técnicas de esterilización por calor. II. Concepto actualizado de la esterilización por calor y efectos de la misma sobre los ali
mentos. Cinética y Parámetros. Rev. Agroquímica. Tecnología de Alimentos. 20 (4) 425-443 (1980).
- Sánchez-Nieva F. & Rodriguez A.J. Extracción y Enlatado de pulpa de guayaba.
Universidad de Puerto Rico Estación Experimental Agr. Río Piedras Publicación No. 1 (1958).
- Sánchez-Nieva F. La Industrialización de Frutas Tropicales
Rev. de Agric. de Puerto Rico.
47 (2) ; 197-210 (1960).
- Salomon et al. Industrializacao da polpa de goijaba de variedade vermelha
Coletanea do ITAL Vol. 6 11-36 (1975).
- Salomon et al. Conservacao da polpa de goiaba em grandes recipientes por meio de metabissulfito de sódio. Coletanea do ITAL Vol. 7
217-219 (1976)
- Shinn The Centri-Therm evaporator an its application to heat sensitive foods J. Appl. Biotechnol. Vol. 21: 366-371 (1971)
- Singh R.P., Heldman D. R., Kirk J. R. Kinetics of quality degradation : Ascorbic acid oxidation in infant formula during storage.
J. Food. Sci. 41: 304 (1976)
- Somogyi and Luh Dehydratation of fruits in " Commercial fruit processing"
Woodroff J. G. and Luh B. S. eds. The AVI Pub. Co. Inc. - Westport Conn. (1975)
- Stumbo C. R. "Thermobacteriology in food processing" 2nd. edition Academic Press, New York (1973)
- Teixeira A.A., Dixon J. R. Zahrdnik J. and Zinsmeister G. E. Computer - Optimization of nutrient retention in the thermal processing of conduction heated foods. Food Technol. 23:845 (1969)

- Wagner J. R., Strong F. M. and Elvehjem C. A. Effects of blanching on the retention of ascorbic acid, thiamine and niacin - in vegetables. Ind. Eng. Chem. 39 (8) : 990-993 (1947)
- Wagner J. R., Strong F. M. and Elvehjem C. A. Nutritive value of - canned foods: effect of commercial canning operations on the ascorbic acid, thiamine, riboflavin and niacin contents of vegetables. Ind. Eng. Chem. 39 (8) : 985-989 (1947).
- Wanninger L. A. jr. Mathematical model predicts stability of ascorbic acid in food products. Food Technol. 26 (6) : 42 (1972).
- Webber H. J. The vitamin C content of guavas Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 45 : 87-94 (1944)
- Woodrof J. G. Other methods of fruit processing in "Commercial fruit processing" Chapt. 10 Woodrof J. G. and Luh eds. The - AVI Pub. Co. Inc. Westport Conn. (1975).
- Woodrof J. G. Storage life of canned, frozen, dehydrated and preserved fruits in "Commercial fruit processing" Chapt. 14 The AVI Pub. Co. Inc. Westport Conn. (1975).