

2ej  
102



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE QUIMICA**



**EXAMENES PROFESIONALES  
FAC. DE QUIMICA**

**TRABAJO MONOGRAFICO  
ALTERNATIVAS PARA LA CONSERVACION E  
INDUSTRIALIZACION INTEGRAL DEL AGUACATE**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
Químico Farmacéutico Biólogo**

**P R E S E N T A :**

**ELSA RENTERIA MENDOZA**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está 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

	Pág.
INTRODUCCION .....	1
OBJETIVO .....	2
CAPITULO I	
1.1. PRODUCCION MUNDIAL .....	3
1.2. PRODUCCION NACIONAL .....	4
CAPITULO II	
2.1. CARACTERIZACION DEL FRUTO	
2.1.1. Origen .....	10
2.1.2. Descripción botánica .....	12
2.1.3. Cosecha y manejo .....	14
2.1.4. Enfermedades .....	15
2.1.5. Usos .....	16
CAPITULO III	
3.1. COMPOSICION QUIMICA Y VALOR NUTRITIVO .....	18
3.1.1. Lípidos.....	18
3.1.2. Proteínas .....	21
3.1.3. Carbohidratos .....	22
3.1.4. Vitaminas .....	23
3.1.5. Composición del hueso del aguacate .....	24
CAPITULO IV	
4.1. CONSERVACION .....	36
4.1.1. Proceso de maduración .....	37
4.1.2. Sistemas de conservación .....	44
4.1.3. Almacenamiento en el árbol .....	45

4.1.4. Almacenamiento por refrigeración convencional	45
4.1.5. Almacenamiento por atmósferas controladas ...	48
4.1.6. Almacenamiento a bajas presiones .....	50
4.1.7. Otros sistemas de conservación y almace- namiento .....	52
4.1.8. Conservación por radiaciones .....	53

## CAPITULO V

5.1. INDUSTRIALIZACION .....	57
5.1.1. Bioquímico del obscurecimiento del aguacate .	57
5.1.2. Métodos de preservación .....	63
5.1.2.1. Rebanadas de aguacate .....	63
5.1.2.1.1 Sistemas de congelamiento ..	63
5.1.2.1.2 Deshidratación .....	64
5.1.2.1.3 Preservación por adición - de aditivos .....	66
5.1.2.2. Pasta o pure de aguacate .....	66
5.1.2.2.1 Sistema de congelamiento .	66
5.1.2.2.2 Tratamiento térmico .....	68
5.1.2.2.3 Deshidratación .....	71
5.1.2.2.4 Adición de aditivos en la- pulpa de aguacate.....	78
5.1.2.3. Aceite de aguacate .....	83
5.1.2.3.1 Métodos de extracción ....	88
5.1.2.4. Procesos de refinación del aceite ..	99
5.1.2.5. Usos y aplicaciones del aceite de -- aguacate.....	105
5.1.2.6. Utilización de los residuos del agua cate. ....	108
CONCLUSIONES .....	110
BIBLIOGRAFIA .....	113

## INTRODUCCION

El aguacate (Persea americana) es uno de los frutos -- más interesantes en el campo de la tecnología de alimentos, importante por su valor nutritivo y especialmente por su significado económico dentro del campo de la fruticultura en nuestro país.

Debido a su composición química, la conservación y -- transformación industrial del aguacate, se ha convertido en un problema especialmente complejo. Los principales problemas que han evitado el diseño de procesamientos para su conservación -- son;

a) El obscurecimiento enzimático producido por el complejo de la polifenoloxidasas al actuar sobre la pulpa del aguacate, sustrato especialmente abundante en compuestos fenólicos y otras reacciones posibles no enzimáticas que pueden tener lugar debido a la composición de la pulpa, además. b).- el hecho de que la aplicación de altas temperaturas ocasiona la formación de compuestos que originan malos olores y sabores extraños, esto reduce grandemente el número de procesamientos que pudieran utilizarse en aguacate y que son comúnmente utilizados en el procesamiento de otros frutos.

Solucionar el problema de la industrialización y conservación del aguacate tiene aplicaciones importantes desde diversos puntos de vista: a).- el tecnológico, por cuanto representa un reto a la tecnología alimentaria; b).- el social, por lo que representa para los productores el enfrentar la posibilidad de una demanda insuficiente para su producto fresco y a un precio no remunerable para los años de trabajo e inversión que significan sus huertos y, c).- el económico, por cuanto pueda significar el contar con productos con un alto valor agregado que aumenten las posibilidades de obtención de divisas por concepto de exportación de productos procesados.

El objeto de este trabajo es hacer una recopilación de todo lo que se ha realizado acerca de la conservación e industrialización del fruto de aguacate, con el fin de encontrar nuevas alternativas para el aprovechamiento integral del aguacate.

## CAPITULO I

### 1.1. PRODUCCION MUNDIAL

Durante 1983 la producción mundial de aguacate, según cifras de la FAO, fue de 1,586,000 toneladas, concurriendo en la formación de ese volumen los 5 continentes.

En el contexto de la producción mundial el aporte más importante durante 1983, fue el obtenido por el continente americano con un nivel productivo de 1,310,000 toneladas que en relativos representaron el 82.58% de la producción mundial.

En orden decreciente figuró Asia, Africa, Oceanía y -- Europa, con 153,000, 117,000, 3,000 y 2,000 toneladas, respectivamente.

En el análisis de la producción mundial por países productores, según las estadísticas más recientes de la FAO, México ocupó el lugar más destacado durante 1983 con una producción de 448,000 toneladas equivalente al 29.8% de la producción mundial, que para ese año fue de 1,586,000 toneladas.

En orden decreciente después de México figuraron Estados Unidos de Norteamérica, República Dominicana, Brasil, Vene-

zuela, países cuya contribución a la oferta mundial fue de 13.77, 8.53, 7.89 y 4.86% respectivamente como señalamos en la gráfica 1.

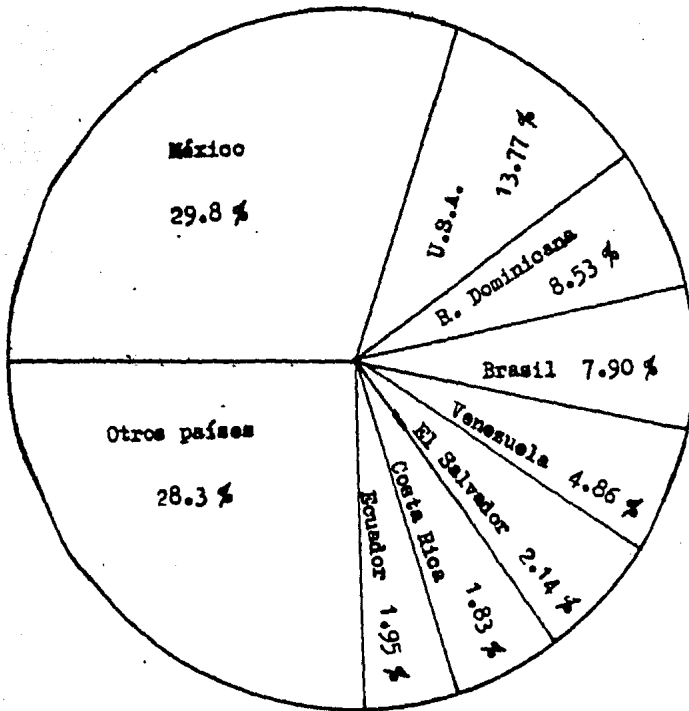
## 1.2. PRODUCCION NACIONAL

Las variedades que se cultivan en México son; del grupo Mexicano: Rincón, Fuerte, Hass, y Bacon; del grupo Guatemalteco: Booth 7, Booth 8, Lula; y del Antillano: Waldin.



## PRODUCCION MUNDIAL DE AGUACATE 1983

GRAFICA 1



Fuente: Anuario FAO de producción 1983.

La producción total por entidades para 1981 fue la siguiente:

ENTIDADES	PRODUCCION (TON)
Michoacán	143,665
Puebla	42,930
Chiapas	36,836
Veracruz	34,913
Jalisco	28,444
México	26,404
Sinaloa	23,502
Oaxaca	38,584
Nayarit	9,173
Guanajuato	10,823
Nuevo León	6,036
Yucatán	8,622
Morelos	8,354
Guerrero	6,995
Colima	2,320
Hidalgo	3,861
Queretaro	3,826
S.L.P.	2,002
Tamaulipas	2,292
Tabasco	1,550
B.C.S.	315
Campeche	2,112
Durango	470
Zacatecas	639
Aguas calientes	490
Coahuila	63
Sonora	412
Tlaxcala	92
Q. Roo	28

Fuente: Anuario estadístico 1981, SARH.

La producción total en toneladas para 1984 fue de --  
450,123 toneladas de las cuales 177,011 toneladas corresponden-  
a la producción que se obtuvo en Michoacán que es la entidad fe-  
derativa de mayor producción en la República Mexicana.

TABLA 2  
PRINCIPALES PAISES PRODUCTORES DE AGUACATE 1974-1983 (1000 MT)

PAIS	1974-76	%	1981	%	1982	%	1983	%
TOTAL	1183	100.0	1489	100.0	1549	100.0	1583	100.0
México	274	23.16	453	30.42	455	29.37	448F	28.30
República Dominicana	130	10.98	134	8.99	135F	8.71	136F	8.53
Brasil	112	9.46	110F	7.38	120F	7.74	125F	7.89
Estados Unidos de Norteamérica	92	7.77	116	11.14	214	13.81	218F	13.77
Venezuela	74	6.25	85	5.70	71	4.58	77	4.86
El Salvador	28	2.36	32F	2.14	33F	2.13	34F	2.14
Costa Rica	25	2.11	28F	1.88	29F	1.87	29F	1.83
Cuba	22	1.89	10	0.67	12F	0.77	13F	0.82
Ecuador	20	1.69	43	2.88	40	2.58	31	1.95
Otros	406	34.31	428	28.74	440	28.40	472	29.81

FUENTE: Anuario FAO de producción Vol. 37 1983

F = Estimación de la FAO

TABLA 3

## PRODUCCION MUNDIAL DE AGUACATE 1974-1983 (1000 MT)

CONTINENTES	1974-76	%	1981	%	1982	%	1983	%
TOTAL	1183	100.0	1489	100.0	1549	100.0	1586	100.0
<i>América del Norte</i>	663	56.0	922	61.12	981	63.3	983	61.97
<i>América del Sur</i>	311	26.2	305	20.48	319	20.59	327	20.61
<i>Asia</i>	104	8.79	145	9.73	128	8.26	153	9.64
<i>Africa</i>	99	8.36	112	7.52	116	7.48	117	7.37
<i>Oceania</i>	3	0.25	3	0.20	3	0.19	3	0.18
<i>Europa</i>	3	0.25	2	0.13	2	0.12	2	0.12

Fuente: Anuario FAO de producción Vol. 37 1983.

## CAPITULO II

## 2.1. CARACTERIZACION DEL FRUTO,

## 2.1.1. Origen.

El árbol del aguacate pertenece a la familia Lauraceae del género Persea.

El nombre proviene del nahuatl *ahuacalt* (*ahuacagua-huitl*, árbol de aguacate). Existen tres grupos ecológicos: Mexicano, Guatemalteco y Antillano.

El grupo Mexicano, originario de las altas montañas y Centroamérica, se caracteriza por un pequeño fruto de 85 a 340 g, con cáscara delgada, suave, con un espesor mayor de 0.8 mm, madurando de 7 a 10 meses después de la floración. Este se adapta en climas tropicales y subtropicales, con climas tipo mediterráneo y es más tolerante al frío.

El grupo Guatemalteco es nativo de las zonas altas de Centroamérica. El fruto es grande, su peso es de 500 a 600 g por unidad, el espesor de la cáscara es de 1.6 a 6 mm, textura leñosa y quebradiza. La maduración ocurre en invierno y primavera. Se desarrolla en climas semicálidos o templados sin he-

*ladas y sin una estación seca bien definida.*

*El Antillano es nativo de las tierras bajas de Centro- y Sudamérica. El tamaño de la fruta es intermedio entre los -- otros dos grupos, el espesor de la cáscara no es mayor de 1.6 mm, la cáscara es generalmente tersa, flexible y correosa, se adapta a climas de tierras bajas en condiciones de temperatura y -- humedad altos. La cosecha del fruto es en verno y otoño.*

*Hay un gran número de variedades de aguacate Mexicano- entre ellas podemos mencionar la Godfried, Zutano, Bacon, Hass, Fuente (Híbrido Guatemalteco y Mexicano) y Dorothea. Entre las variedades del aguacate Guatemalteco están la Benik, Blackema, - Deckinsen, Iskal, Perfecto, Sinaloa y Linda. Y dentro de las - variedades del aguacate Antillano tenemos Booth 1, Booth 3 -- Pollock, Butter, Hawaii y Waldin.*

*El aguacate es un fruto reconocido por su alto contenido de aceite en la pulpa, sin embargo, varía mucho entre las diferentes variedades. El Fuerte, Hass y Bacon tienen un contenido de aceite de 15 a 30% sobre peso fresco. El Lula, Waldin, - Booth 8 y Pollock de 3 a 15%. La variación en el contenido de aceite es principalmente atribuida al grupo original del fruto. El grupo Mexicano tiene un contenido de aceite de 10 a 25% y el Antillano de 2.5 a 5%.*

Las variedades más importantes que se cultivan en el país son Fuerte y Hass. La temporada de cosecha para el Fuerte es de octubre a marzo y para el Hass de abril a agosto. Bajo condiciones adecuadas el fruto de ambas variedades se puede mantener en el árbol durante los meses indicados sin que ocurra un ablandamiento de los mismos, mientras el pedúnculo esté sano. Además de estas variedades se cultivan en el país un sinnúmero de tipos criollos no bien caracterizados, pero que pueden constituir un germoplasma muy importante para el desarrollo de nuevas variedades.

#### 2.1.2. Descripción Botánica.

Los botánicos se refieren al fruto como una baya que consiste de un solo carpelo y una sola semilla. El pericarpio contiene el tejido de la fruta excluyendo a la semilla. Comprende la corteza conocida como exocarpio, la porción utilizable de pulpa o mesocarpio, y una película delgada al lado de la cubierta de la semilla, el endocarpio (Figura 4).



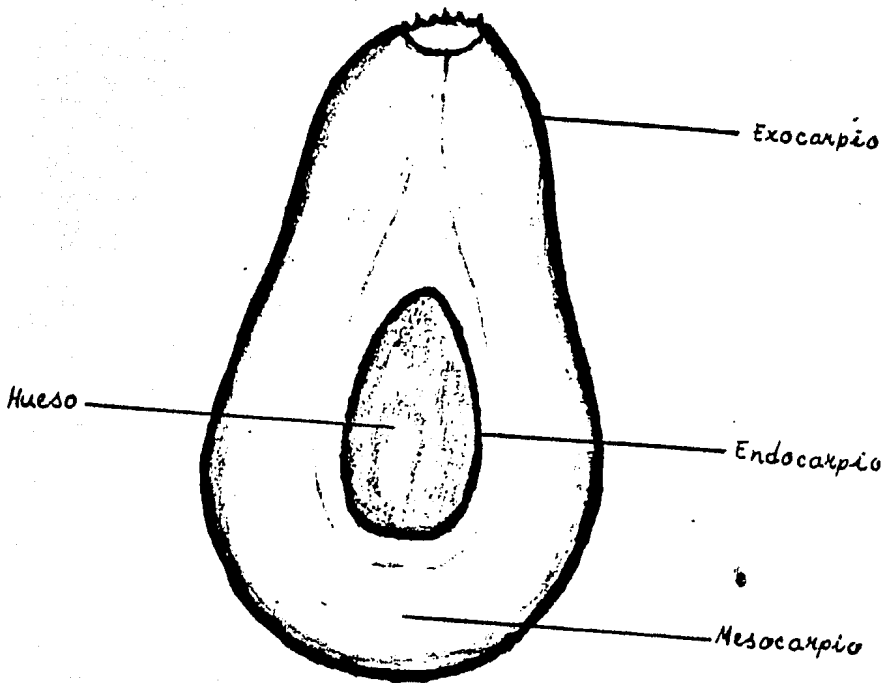


Fig. 4 Descripción botánica del aguacate.

La gran semilla del aguacate consiste en dos cotiledones carnosos, plúmula, hipocotilo, radícula y dos delgadas cubiertas de la semilla que se adhieren una a la otra.

### 2.1.3. Cosecha y Manejo.

El éxito de la comercialización del aguacate fresco re quiere de la selección de la cosecha de la fruta madura.

El aguacate es cosechado manualmente con ayuda de una escalera, saco de recolección, vara con hoja cortante y una podadora de mano. El fruto es quitado del árbol con la hoja cortante desde la base del tallo, esto es con el fin de no estropear por picadura la bolsa ni los demás frutos.

Para la recolección del fruto se usan estándares. En algunos lugares la selección del fruto se hace generalmente en base a peso y/o tamaño.

En California se cosecha alcanzando un mínimo de contenido de aceite. En Florida como guía de selección se usa el -- diámetro y peso. El uso de estos parámetros son muy importante una vez que se cosecha el aguacate y es frecuente el problema de variación en la madurez del fruto, especialmente en la época de cosecha temprana.

La acumulación del fruto cosechado en el campo es -- transportado generalmente por un pequeño trailer y llevado al -- almacén.

La refrigeración es necesaria para mantener y controlar el proceso de maduración. El principal medio de transportación de aguacate a los varios mercados son los vagones para transportar dentro de ciudades y por barcos para exportación. Por avión solo en casos muy especiales. El tiempo de transportación es un factor importante para el aprovechamiento del fruto en el mercado y las temperaturas recomendadas para la transportación son de 4.5 a 6.6°C para los aguacates Mexicanos y Guatemaltecos, para el Antillano de 9 a 10°C en cajas de cartón.

Para el manejo, depósito, transporte y comercialización del aguacate, es necesario entender el proceso de maduración que se indicará en capítulos posteriores.

#### 2.1.4. Enfermedades.

Las dos enfermedades post-cosecha más importantes del aguacate son causadas por el hongo Colletotrichum gloeosporoides que causa Antracnosis (manchas negras) y Diplodia natalensis -- pole Evans, especies de Phomopsis y especies de Dothiorella -- que causan resequedad en la raíz.

La infección de los aguacates con C. gloeosporoides -- ocurre cuando la fruta crece en el árbol, infectando a la célula de la fruta completamente, lesionando la cercospora en el sitio de la lesión costrosa y establece ella misma una infección-

latente, causando pudrición relativamente firme, presentando un color verdoso.

La resequedad de la raíz ocasionalmente da como resultado una pérdida considerable del fruto. La pudrición repentina con la resequedad de la raíz provocan el ablandamiento del fruto.

El control del organismo depende del uso de pesticidas durante el crecimiento del fruto. Actualmente no hay fungicidas aprovechables para el control de esta enfermedad una vez -- que ha infectado al fruto y desarrollada la infección latente.

En México la plaga más extendida es el gusano barrenador del hueso, sin embargo, con la aplicación técnica programada de pesticidas puede lograrse un fruto sano.

#### 2.1.5. Usos.

En Estados Unidos de Norteamérica el aguacate se utiliza ampliamente en ensaladas en forma fresca, contizándose bien por su sabor delicado y por su consistencia suave y cremosa. -- En su habitat trópicos es uno de los alimentos más importantes de la dieta diaria durante la estación. En Florida, una forma popular de servir el fruto es en mitades o rebanadas con la -- adición de jugo de limón y sal o aderezo para ensaladas. El --

fruto se utiliza, a menudo, como ingrediente en las ensaladas - tipo Waldorf o mezclado con toronja o naranja.

En forma de puré se usa para enparedados o para untarse sobre galletas saladas, y en los trópicos, se agrega a menudo a las sopas jústamente antes de servir las.

El fruto bien maduro se ha utilizado con éxito para -- preparar helados y con esto se tiene un nuevo producto, utilizado en pequeña escala para frutos de buena calidad que no pueden venderse por su aspecto defectuoso.

En México, el aguacate tradicionalmente se emplea bajo la forma de guacamole, que es una mezcla de pulpa de aguacate molido, jugo de limón, sal y otros ingredientes, dependiendo de la región. Otras formas de emplearlo es en coctél, en crema de aguacate, para botanas mezclado con queso, en aguacates rellenos con atún o con otros ingredientes.

## CAPITULO III

## 3.1. COMPOSICION QUIMICA Y VALOR NUTRITIVO

La composición química del aguacate como lo muestra la tabla 5, varía según la variedad de que se trate, el lugar de procedencia, clima, suelo y además el grado de maduración. Se observa que el peso del fruto no tiene relación con la composición. De acuerdo a la variedad de aguacate hay una gran diferencia en la cantidad de grasa, carbohidratos y cenizas que contienen cada una de ellas, además, posee un mayor valor nutritivo comparado con otros frutos frescos.

En la tabla 6 aparece la composición por grupo ecológico, aquí también se puede apreciar las diferencias en composición.

## 3.1.1. Lípidos.

En 1972 Tango y colaboradores determinaron la composición de la fruta y el aceite extraído de 16 cultivos diferentes de aguacate, el resultado mostró que la pulpa de los cultivos Fuerte, Tatui y Wagner, contenían las cantidades más elevadas de sustancias grasas (22.1 a 25.5% en base a peso húmedo). Los cultivos Waldin y Ibicaba contenían las cantidades más bajas de

sustancias grasas 6.9 y 6.5% del peso de la pulpa, respectivamente.

El grado de maduración del aguacate favorece el incremento del contenido de sustancias grasas y de ácidos grasos libres.

La composición de los ácidos grasos de los lípidos del fruto del aguacate y del aceite varían en los diferentes cultivos, estado de maduración, región anatómica de la fruta, y localización geográfica del lugar donde se desarrolla.

De los ácidos grasos libres el que se encuentra en mayor porcentaje es el ácido oleico, seguido por el palmítico y ácido linoleico (Gutfinger y Letan 1974; Kikuta y Erickson 1968; Tanto 1972; citados por Ahmed 1980). Los ácidos grasos presentes en trazas son el mirístico, esteárico, linoleico y araquidónico.

Los lípidos del aguacate pueden dividirse en 4 fracciones: Lípidos neutros que constituyen la fracción más grande y 3 fracciones menores constituidas por fosfolípidos, glucolípidos y ácidos grasos libres.

La composición de ácidos grasos de cada fracción de lípidos de la variedad Fuerte (Tabla 7) indican que los ácidos --

oleico, linoleico y palmítico son los que más se presentan, - - mientras que el palmitoleico, esteárico y araquidónico se presentaron en menores cantidades. Los fosfolípidos y glucolípidos contenían mayores cantidades de ácido linoleico y linolénico que los lípidos neutros.

Mazliak (1971) reportó que los fosfolípidos de la variedad Hass pueden separarse en 4 fracciones: ácido fosfatídico, fosfatidilglicerol, fosfatidiletanolamina y fosfatidilcolina. - Estas fracciones indican que los ácidos grasos más abundantes - fueron palmítico, oleico, linoleico y linolénico (tabla 8).

El almacenamiento en un medio atmosférico de 5 a 6% de  $CO_2$  y 1.5% de  $O_2$  incrementando el contenido de ácido palmítico y palmitoleico. Sin embargo, el almacenamiento a concentraciones de 4 a 5% de  $CO_2$  y 1.6% de  $O_2$  incrementan el ácido oleico, linoleico y linolénico.

Se han identificado 17 esteroides de la fracción no saponificable del aceite de aguacate y se determinaron por cromatografía de gas, espectrometría de masas, resonancia magnética nuclear y punto de fusión. Los esteroides se dividieron en 3 - - fracciones dependiendo de su grado de metilación y de los porcentajes de los esteroides individuales en cada fracción en que fueron determinadas. El  $\beta$ -sitosterol y colesterol constituyeron el 82 y 10% de la fracción 4- dimetil esterol respectivamente.



te; citrostadienol, granisterol y obtusifoliol se encontraron en un 43, 31 y 16% respectivamente de la fracción 4-monometil-esterol; y 24-metilencicloartanol y cicloartenol en un 63 y 36% de la fracción 4, 4-dimetil esterol. Otros investigadores han reportado la presencia de  $\alpha$ -tocoferol y engosterol en el aceite de aguacate.

### 3.1.2. Proteínas.

La composición proteica del aguacate en comparación -- con la de otros frutos, muestra un alto contenido de aminoácidos indispensables, pero la proporción no es la óptima. La mayoría de los frutos contienen menos del 1% mientras que para el aguacate se han reportado valores de 0.86 a 4.3% con un promedio de 2.1%

Como se muestra en la tabla 9, la variedad Fuerte tiene un alto contenido de aminoácidos libres en comparación con -- otras variedades (Joslyn y Steka 1949; citados por Ahmed 1980). Los aminoácidos en mayor proporción fueron asparagina, ácido aspártico, glutamina y ácido glutámico. Los aminoácidos presentes en cantidades menores fueron serina, treonina, alanina, valina y cisteína. Sin embargo, la cantidad de proteína de la -- fruta fresca de California y Florida están en un intervalo entre 1.25 y 2.26% (Hall 1955; Slater 1975; citados por Ahmed -- 1980).

### 3.1.1. Carbohidratos.

La cantidad de carbohidratos es de 1.82 a 7.80% sobre peso fresco. Biale y Young (1971) reportaron la presencia de azúcares de 7 carbonos y alcoholes en adición con los azúcares de 6 carbonos glucosa y fructosa, y el disacárido sacarosa. En algunas variedades se presenta el monosacárido de 7 carbonos manoheptulosa el cual se sabe que causa "diabetes instantánea" si se ingiere en grandes cantidades (Simon y Kracier 1966, citado por Ahumed 1980). Ogata y colaboradores 1972, citados por Ahumed 1980) concluyeron que la cantidad de manoheptulosa consumida por los Hawaiianos en la estación en donde se da más el aguacate, es insuficiente para causar hiperglicemia en humanos normales.

Los carbohidratos encontrados son ocho, entre los que se encuentran azúcares y alcoholes, éstos no se encuentran en otros frutos: persistol, D-mano-heptulosa, D-talo-heptulosa, D-glicero-D-galacto-heptulosa, D-glicero-D-mano-octulosa, D-glicero-L-galacto-octulosa, D-eritro-L-gluco-nonulosa y D-eritro-L-galactononulosa.

### 3.1.4. Vitaminas.

En la tabla 10 se muestra el contenido de vitaminas en la pulpa de aguacate. En comparación con otros frutos, el aguacate es relativamente pobre en vitaminas A, C, K y ácido fólico, pero es rico en vitaminas del complejo B.

El nivel de piridoxina es el mayor de todos los frutos excepto el plátano que tiene 0.59 mg/100 g. El nivel de ácido-pantoténico es también mayor que en otros frutos, con excepción de la granada china (Passiflora laurifolia) el cual es de 0.55 mg/100 g.

Se han encontrado diferencias entre variedades en cuanto al contenido de vitaminas, tal como se muestra en la tabla 11 manteniéndose los niveles de vitaminas para cada variedad más o menos constantes durante toda la temporada de cosecha.

Gross (1972) determinó cuantitativamente la presencia de carotenos en el aguacate Nabal, que es cultivado en Israel. La composición de estos carotenos se muestran en la tabla 12. Es evidente que los diol y polioliol constituyen el 86.6% del total de los carotenos presentes. La cantidad de monoles es 7.1% y el caroteno total 5.4%. Los componentes de diol y polioliol son la luteína y cressanthemoxantina. Gross (1972) calculó el % de vitamina A del aguacate Nabal siendo de 150 UI/100 g de fru-

to fresco.

### 3.1.5. Composición del hueso del aguacate.

La composición química del hueso de aguacate se describe en la tabla 13 teniendo un alto contenido de taninos como la catequina y los flavones, así como un alto contenido de almidón.

Los lípidos del hueso del aguacate contienen menos ácido oleico y más ácidos linoleico y linolénico presentes en el pericarpio del aguacate como se muestra en la tabla 14, en comparación con las otras partes del aguacate.

La cera cuticular o cáscara contiene largas cadenas de  $C_{20}$  a  $C_{27}$  de ácidos grasos como lo muestra la figura 15.

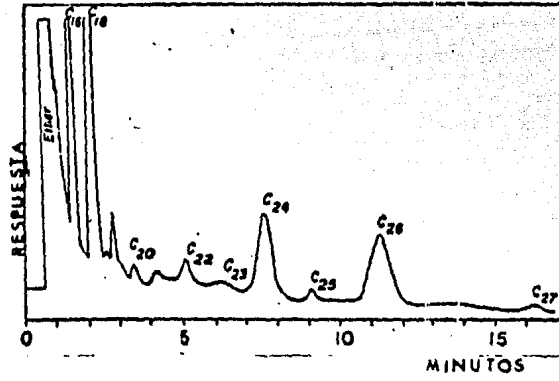


Fig. 15 Perfil de ácidos grasos en la cáscara.

TABLA 5  
COMPOSICION BROMATOLOGICA DE ALGUNAS VARIEDADES DE AGUACATE.

VARIEDAD	LOCALIZACION	PESO (g)	PORCION COMESTIBLE	% PESO FRUTA				
				HUMEDAD	PROTEINAS	GRASA	AZUCARES	CENIZAS
Fuerte	Attadena, Ca.	256	71.3	65.7	1.51	26.6	4.62	1.60
Fuerte	Yorba linda, Ca.	566	73.5	68.3	1.36	24.2	4.82	1.27
Hass	California	200	75.0	68.4	1.80	20.0	7.80	1.20
Dickenson	California	254	70.0	72.0	1.56	20.4	4.69	1.35
Lula	Florida	496	63.3	73.9	1.21	13.6	1.78	0.92
Trapp	Florida	422	72.2	83.5	0.90	6.3	1.56	0.64
Taylor	Florida	298	64.8	76.9	1.40	13.0	1.52	0.87

FUENTE: (Datos de Faffe y Grass 1923; Hall y colab. 1965; citado por Hulme 1971).

TABLA 6

## COMPOSICION ALIMENTARIA DEL AGUACATE POR GRUPO ECOLOGICO

GRUPOS	PESO MEDIO (g)	COMPOSICION ALIMENTARIA PORCENTUAL				
		HUMEDAD	PROTEINAS	GRASAS	CARBOHIDRATOS	CENIZAS
Guatemalteca	619	76.23	2.81	16.37	3.05	1.54
Mexicana	205	63.86	2.25	25.60	6.58	1.71
Antillana	638	78.66	1.61	9.80	9.08	0.75
Híbrido	440	67.31	1.39	24.37	5.25	1.28

FUENTE: El mercado del aguacate en la Cd. de México. Roberto García Mata. México 1971.

TABLA 7  
 COMPOSICION DE ACIDOS GRASOS (COMO PORCENTAJE DE CADA FRACCION)  
 EN EL MESOCARPIO DE LA VARIEDAD FUERTE

FRACCION	16:6	16:1	18:0	18:1	18:2	18:3	20:0	UK
Acidos grasos libres	20.3	9.7	0.4	43.7	22.5	3.0	---	0.4
Triglicéridos	25.4	7.0	0.5	54.3	12.3	---	0.5	---
Diglicerido I	15.0	9.5	---	45.0	28.0	3.0	---	---
Diglicerido II	18.4	3.9	0.7	64.8	12.2	---	---	---
Glucolípidos I	6.7	2.5	1.6	13.1	76.1	---	---	---
Monogliceridos	17.1	7.2	2.7	43.2	24.3	1.0	0.9	3.6
Glucolípidos II	3.6	2.2	1.2	12.8	74.1	6.0	---	---
Fosfolípidos	16.9	4.4	3.3	20.5	36.1	9.8	---	9.0

FUENTE: Biale y Young (1971). 16:0, 16:1, 18:0, 18:1, 18:2, 18:3, 20:0 y UK representan ácido palmítico, palmitoleico, esteárico, oleico, linoleico, linolénico, araquidónico y ácidos grasos no identificados, respectivamente.



TABLA 8

COMPOSICION DE LOS ACIDOS GRASOS DE LA FRACCION FOSFOLIPIDICA EN EL MESOCARPIO  
DEL AGUACATE HASS

FRACCION FOSFOLIPIDICA	PORCENTAJE TOTAL DE ACIDOS GRASOS							
	C16	C16:1	C18	C18:1	C18:2	C18:3	C20	UK
Acido fosfatídico	18.8	5.6	5.6	52.5	8.0	9.0	0.2	0.3
Fosfatidil glicerol	23.4	1.9	0.6	39.7	14.2	17.0	0.2	3.0
Fosfatidil itanola- mina.	16.8	3.7	1.0	24.4	30.5	22.8	0.4	0.4
Fosfatidil colina	8.2	2.8	0.6	50.9	5.1	32.0	0.1	0.3

FUENTE: Mazliak (1971) C16, C16:1, C18, C18:1, C18:2, C18:3, C20 y UK representan Acido palmítico, palmitoleico, estearico, oleico, linoleico, linolénico, araquidónico y ácidos grasos no saturados, respectivamente.

TABLA 9  
COMPOSICION COMPARATIVA DE AMINOACIDOS EN ALGUNOS ALIMENTOS

AMINOACIDOS (mg/100 g a.Lm).	HUEVO ENTERO DE GALLINA	NARANJA	AQUACATE	PLATANO	HIGO	NOPAL
Isoleucina	788	23	47	32	36	40
Leucina	1091	22	76	53	51	52
Lisina	863	43	59	46	48	40
Fenilalanina	709	30	48	44	28	54
Tirosina	515	17	32	29	51	--
Cisteina	301	10	--	30	19	--
Metionina	416	12	29	22	10	7
Treonina	634	12	40	38	38	48
Triptofano	---	--	--	--	10	8
Valina	847	31	63	45	46	37
Arginina	754	52	47	84	27	38
Histidina	301	12	25	84	17	15

FUENTE: FAO (1970)

TABLA 10

## CONTENIDO DE VITAMINAS EN LA PULPA DE AGUACATE

VITAMINAS	mg/100 g PESO FRESCO	REFERENCIAS
A caroteno	0.13--0.51	French y Abot (1948)
B tiamina	0.08--0.12	Hall y Colab. (1955)
Riboflavina	0.21--0.23	Hall y Colab. (1955)
Plidoxina*	0.45	Polansky (1966)
Niacina	1.45--2.16	Hall y Colab. (1955)
Acido pantoténico	0.90--1.14	"
Acido Fólico	0.018-0.04	"
Biotina	0.003-0.006	"
D-calciferol	0.01	Schmob (1955)
E-tocoferol	3.0	"
K-2 metil 1,4 naftoquinona	0.008	"

\* Incluye piridoxal y piridoxamina.

FUENTE: Citado por Sanchez, G. 1983.

TABLA 11  
 CONTENIDO DE VITAMINAS EN DIFERENTES VARIACIONES

VITAMINAS	VARIETADES		
	FUERTE	HASS	ANAHEIM
Tiamina	0.12	0.09	0.08
Riboflavina	0.22	0.23	0.21
Niacina	1.14	2.16	1.56
Acido pantoténico	0.90	1.14	1.11
Piridoxina	0.60	0.62	0.39
Acido fólico	0.03	0.04	0.081
Biotina	0.005	0.056	0.034

FUENTE: Hall y Colaboradores 1955. Citados por ahmed 1980.

TABLA 12  
 COMPOSICION CUANTITATIVA DE CAROTENOS DEL AGUACATE  
 NABAL

COMPOSICION	PORCENTAJE TOTAL DE CAROTENOIDES
Carotenos	
$\alpha$ -caroteno	0.9
$\beta$ -caroteno	4.0
Monoles	
OH- $\alpha$ -caroteno	1.2
Cryptoxantina	1.2
$\alpha$ -citraurina	0.7
Diol y Polioliol	25.0
Luteína	25.0
Isoluteína	9.0
Violaxantina	4.0
Crysantemaxantina	20.4
Luteoxantina	2.1
Trollichroma	9.7
Neoxantina	7.3

FUENTE: Gross, J.; Gabai, U. (1972)

TABLA 13  
COMPOSICION QUIMICA DEL HUESO DE AGUACATE

COMPONENTES	%
Aceite etéreo	0.15
W Aceite fijo	3.25
Sustancias amargas	8.60
Taninos	13.60
Resinas	4.75
Sustancias gomosa	9.85
Albuminoides	8.25
Almidón	13.25
Celulosa	5.10
Azúcar	6.25
Humedad	21.50
Alcaloides	0.05
Sustancias minerales	5.15

FUENTE: Análisis efectuado por F.W. Freise E.U.A. Citado por el mercado del aguacate, documento preliminar I.M.C.E. 1978.

TABLA 14

COMPOSICION DE ACIDOS GRASOS (% EN TOTAL DE ACIDOS GRASOS) EN DIFERENTES PARTES DEL FRUTO DE AGUACATE

FRACCION	PORCENTAJE DEL TOTAL DE ACIDOS GRASOS									
	C14	C16	C16:1	C18	C18:1	C18:2	C18:3	C20	C22	C24
Exocarpio	Tr	12-22	2.5-5.5	Tr	59-69.5	11.6-14.5	1.2-2.3	Tr	Tr	Tr
Mesocarpio	Tr	13-16	3.0-5.1	Tr	67-72	10.4-11.4	Tr-1.2	Tr	--	+-
Endocarpio	Tr	13-20	5.0-7.3	Tr	62.70	10.1-12.0	Tr-1.2	Tr	--	--
Hueso	0.8	22	3.2	0.8	25	41.5	4.5	Tr	Tr	--

FUENTE: Mazliak (1971). C14, C16, C16:1, C18, C18:1, C18:2, C18:3, C20, C22 y C24. representan - mirístico, palmitoleico, estearico, oleico, linoleico, linolénico, araquidónico, bénico y ácido lignocérico, respectivamente.

## CAPITULO IV

## 4.1 CONSERVACION

El aguacate es un fruto muy sensible y perecedero, por lo cual requiere de ciertas condiciones especiales para su conservación en fresco. Su vida de anaquel depende de varios factores que incluye el grado de maduración al ser recolectado, -- así como de las condiciones de almacenamiento que se tenga para su conservación.

Los métodos empleados de conservación en fresco tiene como fundamento la reducción de la velocidad de maduración del fruto, es decir, su velocidad de respiración. Para conservar-- lo, es importante bajar su ritmo de respiración a un nivel de-- terminado; debe seguir respirando en forma lenta ya que si se -- reduce considerablemente dicha respiración el fruto se torna -- anaeróbico y su metabolismo cambia provocando daños irreversi-- bles.

Para controlar la velocidad de maduración, se emplean métodos como almacenamiento por refrigeración convencional, - almacenamiento por atmósferas controladas, almacenamiento hipobárico (presiones subatmosféricas), envolturas con bolsas de polietileno, control de la concentración de etileno, recubrimien--



tos con ceras etc. En muchas ocasiones se usan dos ó más de estos métodos en forma conjunta, con lo que se obtiene mejores resultados. Además para lograr un mejor proceso de conservación es necesario conocer el proceso de maduración, así como sus características físicoquímicas de cada variedad.

#### 4.1.1 Proceso de maduración

Biale, 1975 citado por Ahumed 1980 hizo una revisión sobre la maduración del fruto en lo que se refiere al proceso que básicamente involucra "esos cambios en los factores sensoriales de color, textura y sabor que los hacen aceptables al consumidor". Estos cambios son el producto final de varios procesos anabólicos y catabólicos que se dan dentro de la matriz del fruto.

La maduración es un período de aumento de utilización de energía la cual finaliza con la vejez y deterioro del fruto. Una vez que se inicia el proceso, este es irreversible. Por este hecho es necesario conocer y entender el proceso de maduración.

El aguacate está clasificado como un fruto climatérico, lo cual indica que el proceso de maduración está asociado con un incremento en la respiración, conforme el período climatérico se eleva.

El patrón de respiración esta dividido en tres fases:-  
 periodo preclimaterico mínimo, de baja respiración; periodo cli-  
 matérico máximo, la respiración se da al máximo; y el periodo -  
 post-climaterico, donde la respiración declina. (Fig. 16) - - -

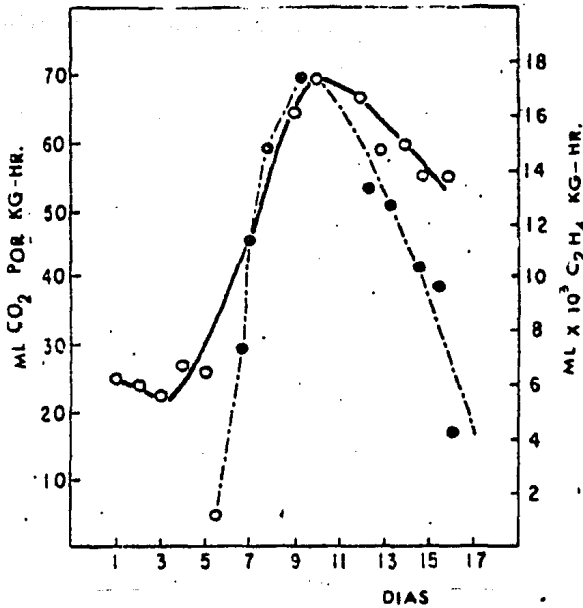


Fig. 16: Respiración y producción de etileno del aguacate fuerte después de la cosecha.

Zanbermann y Scheffmann Nadel (1972) hablan mostrado que el -- patrón de respiración es similar en todas las fases del desarrollo; sin embargo, según vaya desarrollándose y madurando el fruto, el periodo climatérico máximo aparece antes.

La iniciación del proceso de maduración se considera - que es ocasionado por la producción de etileno endógeno (Burg - y Burg 1965; Mc Glasson 1970; citados por Ahmed 1980). El pa-- trón de producción de etileno es similar al de la respiración.- (Fig. 17)

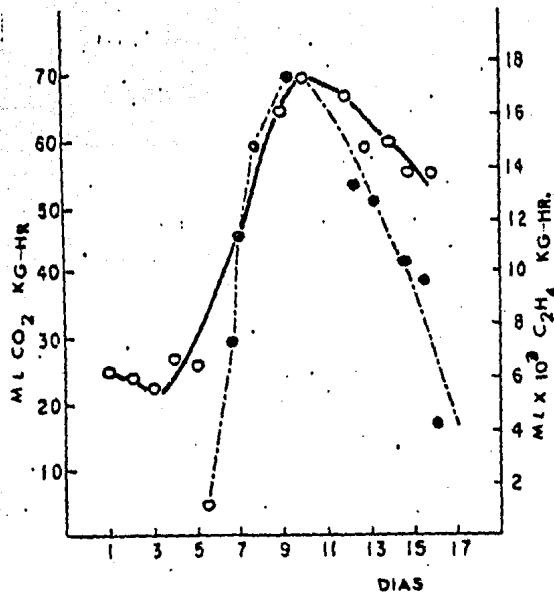


Fig. 17: Respiración y producción de etileno - del aguacate fuerte después de la cosecha.

Burg y Burg reportaron en 1965 con 0.1 ppm de etileno pueden iniciar el proceso climatérico, sin embargo, Biale (1960 - citado por Ahmed 1980) demostró que con la variedad Fuente, se requieren 10 ppm para elevar la respiración. La máxima síntesis de etileno (Burg y Burg 1965; Adato y Gazit 1974; citados por Ahmed 1980) durante la maduración ha sido reportada con una variación de 100 a 700 ppm. Se ha demostrado que si continuamente se remueve el etileno bajo condiciones hipobáricas, se dobla el tiempo de maduración del aguacate. (Biale, 1975 citados por Ahmed, 1980) demuestra que en la mayor parte de los casos, los cambios propios del proceso de maduración ocurren durante el pico más alto de la respiración y estos se dan entre el período preclimatérico mínimo y el punto climatérico máximo.

La suavidad o ablandamiento del fruto generalmente se da de uno a dos días después del pico climatérico, y la madurez comestible de uno a tres días después del mismo pico (Biale - - 1941; Adato y Gazit 1974; citados por Ahmed 1980).

Dolendo, A.; Luh, B. (1966) reportaron la relación que hay entre las protopectinas y pectinas solubles en agua en la respiración y maduración del fruto; el ablandamiento del fruto es el principio del proceso de maduración en cuanto fue acompañada por un rápido incremento en protopectina y un incremento en pectina soluble en agua, después de cuatro días el fruto continúa ablandándose pero más lentamente. El contenido de pecti-

na soluble en agua continua incrementandose, mientras que la -- protopectina demostró relativamente pequeños cambios.

La respiración del periodo climatérico se usa con frecuencia como un parámetro objetivo para determinar las fases -- de maduración de frutos climatéricos tales como manzanas, peras y plátanos (Biale, 1960, citados por Ahumada, 1980)

La temperatura a la cual el aguacate está maduro tiene un pronunciado efecto en la variación de la maduración (Fig. -- 18) y en la calidad del fruto madurado en términos de sabor, --

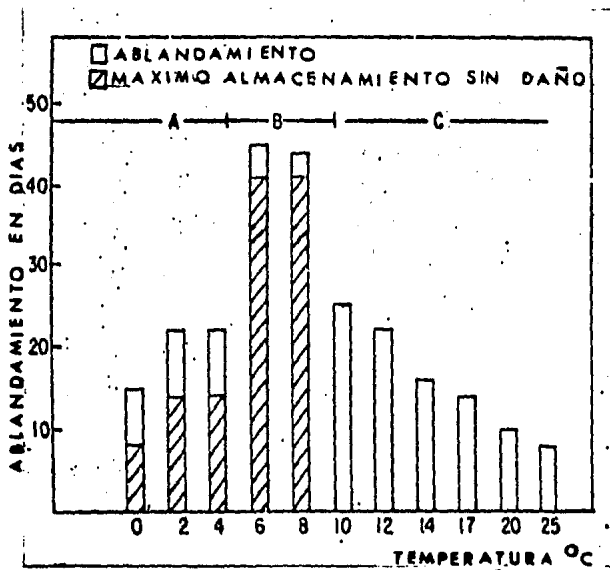


Fig.18: Efectos de diferentes temperaturas de almacenamiento sobre el tiempo de ablandamiento del aguacate fuerte

textura y apariencia. Hatton y Colaboradores (1965 citados por Ahumed 1980) estudió varios cultivos de Florida y encontró que la mejor temperatura de maduración para éstos, estaba entre 15- y 21°C. La diferencia en el tiempo promedio de maduración entre 15 y 21°C para los cultivos estudiadas varió de dos a seis-días.

Una temperatura de 12.8°C es considerada como temperatura de maduración y es también considerada como temperatura de almacenamiento, especialmente para algunos cultivos intolerantes al frío. Sin embargo, empleando esta temperatura para la maduración del fruto, cuando se busca una buena apariencia externa, ésta no se obtiene cuando se exponen variedades tales como Fuchs, Pollocks y Wildin, a esta temperatura durante dos o tres semanas resultan dañados por enfriamiento.

La maduración de aguacate a 30°C o más, no es satisfactoria. Los frutos obtenidos a estas temperaturas no muestran sus períodos climatéricos y no maduran. Estos frutos presentan ablandamiento irregular, no desarrollan sabor, no muestran coloración de la piel, son arrugados y se incrementa la cantidad de frutos podridos. Hacer variaciones en cuanto al tiempo de maduración dentro de un grupo de aguacates de la misma variedad, da diferencias en la maduración.

Los estudios de Hatton y Colaboradores 1965, citado --

por Ahmed en 1980, mostraron que de tres a siete días ya se obtienen variaciones en algunos cultivos que fueron madurados a  $-21^{\circ}\text{C}$ . La diferencia de madurez se debe en parte al hábito de florecimiento del árbol de aguacate y a las diferencias de tamaño de cada fruto, debido esto, a que la cosecha y selección generalmente se basa en el tamaño del fruto. Generalmente una buena maduración requiere de pocos días (Hatton y colaboradores 1965; Zanbermann y Schiffmann Nadel 1972; Biale 1960.. Citados por Ahmed 1980).

Estudios realizados por Awad y Young (1979), demostraron que existe una estrecha relación entre la celulasa, la poligalacturonasa y la pectinmetilesterasa con la respiración y la producción de etileno. Todo esto se determinó desde el día de la cosecha hasta el principio del período climatérico.

La pectinmetilesterasa declinó de su más alto nivel, durante la cosecha, al más bajo durante la climaterización.

La actividad de la poligalacturonasa no se detectó en el período preclimatérico pero aumentó en el climatérico y continuó aumentando en la fase post-climatérica.

La actividad de la celulasa es baja en la fase preclimatérica, empezó aumentando cuando la respiración incrementó. La actividad de la celulasa empezó a aumentar tres días antes -

de que se detectara la actividad de la poligalacturonasa.

Después de un día y medio la producción de etileno aumentó siguiendo el incremento de la respiración y la actividad de la celulasa.

#### 4.1.2 Sistemas de conservación.

Estos procesos empiezan en la empacadora, en donde el fruto se clasifica manualmente, según las normas establecidas por la comisión administradora del aguacate, y a continuación, se separan mecánicamente por tamaño. Se empacan en recipientes que corresponden a dos tipos generales:

El cartón que contiene una sola capa de frutos y reja o caja que contiene varias capas de frutos, este último se utiliza para aguacates que pesan cuando menos, 500 g o que tienen un diámetro de 10 cm, pudiendo ser de cartón corrugado o de madera.

Al empacar aguacate en cajas de madera, se colocan dentro de ellas y entre los frutos capas de viruta de madera, ligeramente humedecidas, para que cada uno quede bien acomodado.

El empaque es diferente según la variedad y aún dentro de la misma. De aquí procede al almacenamiento.



La temperatura óptima y la maduración de almacenaje -- del aguacate varía en cada cultivo, año de cosecha, las influencias ambientales, etapas de desarrollo, costumbres culturales y otros factores internos y externos (Campbell y Hatton 1960; -- Hatton y colaboradores 1965; Young 1977; Lutz y Hardenburg -- 1968; Wardlaw y Leonard 1935 citado por Ahmed 1980).

#### 4.1.3 Almacenamiento en el árbol

El aguacate no requiere ser cosechado hasta que no alcanza la madurez. En California los cultivos Hass y Fuerte pueden permanecer en el árbol por meses o más, después de que maduran.

Los cultivos de Florida aguantan menos en el árbol, -- de tres semanas a tres meses después de la maduración (Spalding 1976). Generalmente los frutos de los cultivos de verano (grupo Antillano) pueden permanecer en el árbol por períodos más -- cortos de tiempo que los cultivos que maduran después. Este -- es un sistema de almacenamiento natural que se ha observado por ser un fruto climatérico.

#### 4.1.4 Almacenamiento por Refrigeración Convencional

El almacenamiento refrigerado es una técnica efectiva e importante para prolongar la vida post-cosecha de frutas y --

hortalizas, ya que la reducción de la temperatura disminuye la velocidad con que se llevan a cabo los procesos vitales que conducen a la maduración y vejez de estos productos.

La respuesta del aguacate almacenado a bajas temperaturas para retardar su madurez, varía en cada cultivo. Varios -- cultivos pueden ser almacenados por largos períodos a 6°C, sin embargo, otros no pueden ser almacenados por debajo de 13°C sin que se dañen los frutos. El daño que se desarrolla, se caracteriza por una decoloración café-grisáceo del sistema vascular, además de que no madura, desarrolla sabores extraños, a este daño se le conoce como "Daño por frío" que son desordenes fisiológicos que ocurren en los tejidos de los frutos durante el almacenamiento de éstos dentro de un intervalo de temperatura y tiempo definido.

Con las variedades del grupo Guatemalteco estudiadas por Rolz, C. (1972) se ha observado que en el fruto dañado por frío existe un contenido menor de aceite, una acumulación de -- carbohidratos y una aceleración en la disminución de la celulosa. Este último hecho, podría ser uno de los factores que contribuyen a la mayor rapidez en la pérdida de la textura del fruto dañado.

En ocasiones el fruto puede verse bien mientras está almacenado pero desarrolla daño por frío cuando madura (Zauber-

mann y colaboradores, 1972)

En general los cultivos tolerantes al frío (grupo Mexicano) se almacenan mejor a  $4.4^{\circ}\text{C}$ . Los del grupo Guatemalteco - son de tolerancia intermedia se comportan mejor a una temperatura de almacenaje de  $8^{\circ}\text{C}$ . Mientras, que los cultivos no tolerantes al frío (grupo Antillano) se almacenan a  $10-13^{\circ}\text{C}$  (Hatton y colaboradores 1965; Overholser 1925; Wardlaw 1934; citados por Ahmed 1980).

Investigaciones hechas por Vakis (1982) demostraron que el fruto de la variedad Ettinger fue el más susceptible al daño por frío, seguido por el de la variedad Fuerte y el Hass - que fue el más tolerante al frío.

Berger, Luza y Peralta (1982) investigaron el comportamiento frigorífico de las variedades Fuerte y Hass tomando en cuenta cosecha, respiración y almacenaje bajo varias condiciones de temperatura entre  $1^{\circ}$  y  $2^{\circ}\text{C}$  con envases de polietileno y sin el.

El mejor almacenamiento fue a una temperatura de  $7^{\circ}\text{C}$  - seguido hasta  $2^{\circ}\text{C}$ . Las envolturas de polietileno redujeron el daño y aumentaron la vida de anaquel especialmente con tratamiento a bajas temperaturas y una cosecha temprana.

El almacenamiento a bajas temperaturas, independiente mente de la duración, es importante en el retraso del desarrollo de la putrefacción, si no se usaron fungicidas después de la cosecha.

Se recomienda humedad relativa de 80 a 90% durante el almacenamiento (Lutz y Hardenberg 1968).

CONAFRUT ha encontrado que la variedad Hass puede soportar temperaturas de hasta 2°C, lo cual depende de la época de cosecha, el estado fitosanitario y otros factores. También se determinó que este aguacate puede ser conservado hasta 40 días cuando se le recubre con cera de candelilla y se almacena a temperaturas que fluctúan entre 2° y 7°C (Bosquez 1976).

#### 4.1.5. Almacenamiento por Atmosferas Controladas

El almacenamiento del aguacate por atmósferas controladas se ha estudiado por varios grupos en California y Florida (Biale 1942; Biale y Young 1962; Hatton y Reeder 1966; -- Spalding y Reeder 1972, 1974, 1975). Los primeros estudios -- con la variedad Fuerte mostraron que dentro del rango de concentraciones de O<sub>2</sub> de 2.5 a 21%, el tiempo para alcanzar el pico de respiración climaterico se extendía en proporción con el decremento de concentración de O<sub>2</sub> (Biale 1946 citado por -- Ahmed 1980).

La dilatación del climatérico puede obtenerse también con 10% de  $\text{CO}_2$  y 21% de  $\text{O}_2$  (Young y colaboradores 1962). La -- presencia de poco  $\text{O}_2$  y mucho  $\text{CO}_2$  (5 a 10%) tiende a reprimir la intensidad de la respiración (Biale 1960). Además altas con centraciones de  $\text{CO}_2$  reducen la efectividad del etileno en la esti mulación de la maduración (Pratt y Goeschl 1969 citado por Ahmed 1980).

Castro (1982) utilizó aguacate de la variedad Trials y- Collenson cosechados verdes, fueron condicionados para evalua-- ción en los efectos de la etapa de separación del tallo y en el almacenaje por atmósferas controladas (aire 21% de  $\text{O}_2$ /10%  $\text{CO}_2$ , - 21%  $\text{O}_2$ /20%  $\text{CO}_2$ , 5%  $\text{O}_2$ /sin  $\text{CO}_2$ , 5%  $\text{O}_2$ /10%  $\text{CO}_2$ , 5%  $\text{O}_2$ /20%  $\text{CO}_2$ ). - Sobre la vida de anaquel, demostrando que las condiciones ópti- mas de almacenamiento por atmósferas controladas fueron de 5% - de  $\text{O}_2$ /10%  $\text{CO}_2$ .

También demostró que la concentración alta de  $\text{CO}_2$  increme nta la incidencia de obscurecimiento, especialmente a concen- traciones altas de  $\text{O}_2$ .

El tiempo de almacenamiento en estas condiciones se in- crementa considerablemente, pudiendo llegar hasta dos meses sin provocar deterioro del fruto. Este método tiene el grave incon- veniente del alto costo que implica la tecnología (Spalding y - Reeder, 1975).

Existe un sistema de atmósferas modificadas llamado - - Tectrol. Los frutos se empaican y varias cajas se envuelven con una capa de polietileno, de tal forma que se puede inyectar en exceso anhídrido carbónico ( $CO_2$ ) al interior y quedar retenido dentro de este embalaje, este gas puede permanecer atrapado algunos días, tiempo en el que el fruto no madura.

El proceso se ha aplicado ampliamente en fresas con --- buenos resultados, pero no existe mucha experiencia con el aguacate.

Es importante recordar que las condiciones de respiración deben ser reducidas para conservar el fruto, para no provocar una condición de anaerobiosis, ya que se induce un deterioro muy fuerte. Por esto, el empleo de estos sistemas debe ser optimizado y no extrapolar los resultados obtenidos con la fresa, al aguacate.

#### 4.1.6 Almacenamiento a bajas presiones

Este tipo de sistema es esencialmente una ayuda para - refrigeración y no es reemplazable (Spalding, 1976).

Este sistema opera para mantener la temperatura específica en un envase sellado a presión subatmosférica, la unidad - es continuamente ventilada con aire húmedo (humedad relativa - -

80-100%) con una bomba de vacío.

Bajo presiones subatmosféricas la respiración es reducida al doble por un contenido de oxígeno reducido, son removidos los gases y el etileno producidos por el proceso de maduración, y esto hace que retarde dicho proceso (Spalding, 1976).

Apelbaum (1977) almacenó aguacate maduro de la variedad Hass a 60 mmHg por 70 días y no hubo condiciones adversas que afectaron la maduración cuando fue transferida a presión atmosférica y 14°C, mientras tanto el fruto almacenado a 200 mmHg tuvo una textura y sabor inadecuadas después de 50 días de almacenamiento.

Spalding y Reeder (1976-1979) reportaron que las condiciones óptimas para el almacenamiento a bajas presiones de cultivos de Florida fueron 20 mmHg y 4.5°C observando que el fruto permaneció firme por tres semanas volviéndose resistente a algunas enfermedades y lesiones por enfriamiento.

A presiones de 70 mm Hg o más hay un incremento de daños por enfriamiento y enfermedad considerable durante tres semanas de almacenamiento.

Los estudios que han sido reportados sobre el almacenamiento de aguacate a presiones subatmosféricas indican que la -

vida de almacenamiento depende de la susceptibilidad de enfermedad principalmente de antracnosis y daños por frolo.

(Burg y Burg 1965, citado por Ahmed 1980) y Apelbaum y colaboradores (1977), ambos reportaron un incremento significativo en la vida de almacenamiento del aguacate a presión reducida.

#### 4.1.7. Otros sistemas de conservación y almacenamiento

También se ha logrado conservar este fruto por algunos días regulando la concentración de etileno. Para esto se ha empleado agentes químicos como el Permanganato de potasio, que tiene la capacidad de oxidar el etileno producido por el propio metabolismo del aguacate. Este agente químico se coloca en las cajas empleadas para el embalaje (Hatton y Reeder 1972 citado por Ahmed 1980).

Los aguacates son atacados por algunos microorganismos que producen etileno, con lo cual aceleran considerablemente cuando se almacenan frutos muy maduros que están produciendo etileno con frutos inmaduros, estos últimos se ven afectados por la presencia del gas y también aceleran la maduración. La variedad Hass puede madurarse en cámaras cerradas con etileno en concentraciones bajas de 50 ppm por lo que es muy importante regular la presencia de este gas.



#### 4.1.8. Conservación por radiaciones.

Karmelic y Rubio (1983) hicieron una simulación de transporte de aguacate irradiado. Tomaron aguacates de la variedad Fuerte y Hass fisiológicamente maduros.

Un grupo fue tratado en agua a 46°C por 10 minutos, secados y envueltos en PVC film. irradiados a 25 Gy sometidos a transportación para 120 Km y almacenados a  $7 \pm 1^\circ\text{C}$  por 45 días. Y otro grupo bajo las mismas condiciones pero sin irradiar, estas se utilizaron como control.

Este experimento demostró que el porcentaje del aguacate de la variedad Fuerte después del transporte por 45 días y almacenado en frío se obtuvo el 97.12% de eficiencia y para las muestras no irradiadas el 92.28%. Después fueron colocadas a temperaturas ambiente por 6 días y el porcentaje de eficiencia fue de 89.26% y para las no irradiadas 59.47%.

Los resultados obtenidos fueron comparados con los aguacates de la variedad Hass y se obtuvo 7.7% de aceptación para el fruto irradiado después de 45 días de almacenamiento en frío.

Entre los defectos que se han encontrado en este tipo de tratamiento ha sido el obscurecimiento de la pulpa tornándose

se café o por el contrario decolorándose si se usa una radiación de 70 J/Kg.

La congelación se puede llevar a cabo tanto con los frutos enteros como en mitades a las cuales se le ha eliminado el hueso.

El proceso tiene el principio cuando el fruto ha alcanzado un estado de madurez tal, que está apto para comerse y no presenta manchas en la pulpa. Esta congelación puede realizarse por inmersión en Nitrógeno líquido durante 15-20 segundos, - posteriormente debe mantenerse a una temperatura menor a 12°C, - debiendo ser empacado en una atmósfera de nitrógeno (Mejía, A, - 1977).

Para lograr un período largo de conservación según la asociación de aguacateros en el estado de Michoacán se debe seguir las siguientes observaciones:

El aguacate debe de estar sano, es decir, que exista un buen control fitosanitario durante toda su historia, de tal forma que no este contaminado con enfermedades como la antracnosis. En estas condiciones el aguacate le lava para eliminarle tierra y posteriormente se le da un baño con agua caliente a 50-60°C - que contenga algún agente antimicrobiano como Benomil o bien -- Tiabendazol en concentraciones de 400 ppm, se procede al encera-

do con productos como cera de candelilla, o bien Tag o Flavor-- seal. El proceso más común es con un sistema de aspersión colo- cado en la banda transportadora, con el cual se puede regular - la cantidad de cera adicionada al fruto.

En algunas ocasiones, la cera contiene Tiabendazol - - (TBZ) por lo que se elimina el primer paso de lavado con agua - caliente. Después del encerado el fruto se cepilla, terminando se el proceso en un túnel en el que circula aire caliente a - - 40-50°C para secarlo.

Existen ceras como la Flavorseal, que secan al instante por lo que no se requiere el túnel, el inconveniente es su alto costo.

Recientemente, el Instituto Mexicano del Petróleo desarrollo algunas resinas polietilénicas para ser empleadas en el recubrimiento de frutos. Los resultados obtenidos parecen ser satisfactorios, pero el inconveniente es que este producto es - caro en este momento.

El trabajo presentado por Bosquez (1984) que en las siguientes condiciones de almacenamiento del aguacate variedad -- Hass se logró el máximo periodo de almacenamiento del fruto entero que fué de 37 días con un 100% de fruto disponible (84% ca- lificada de excelente calidad y 16% de buena calidad) fueron:

*Estado de madurez del aguacate variedad Hass, medio.*

*Tratamiento post-cosecha cera de candelilla y fungicida TBZ a 200 ppm.*

*Período y condiciones de almacenamiento en refrigeración 30 días a 2°C con 80-90% de humedad relativa.*

*Período y condiciones en cámaras de maduración 7 días a 20°C con humedad relativa de 85-90%.*

Bozquez (1984) consideró casi todos los métodos estudiados anteriormente, lo cual demuestra que el aguacate sometido a varias formas y condiciones de conservación, el fruto se mantiene en perfectas condiciones.

## CAPITULO V

## 5.1. INDUSTRIALIZACION

## 5.1.1. Bioquímica del oscurecimiento del aguacate

La conservación de la pulpa de aguacate se dificulta por ser ésta de características muy inestables.

Uno de los cambios más importantes que la pulpa sufre es el oscurecimiento, el cual puede ser de carácter enzimático o de carácter no enzimático.

El oscurecimiento de la pulpa se debe a un fenómeno conocido como oxidación biológica, reacción que también se conoce como deshidrogenación, que se caracteriza por la transferencia de electrones de un sustrato a un aceptor adecuado y catalizada por enzimas específicas presentes en la pulpa (Rodríguez - 1973; citado por Chavez 1980).

En el oscurecimiento enzimático de vegetales intervienen las siguientes enzimas: fenolasas, peroxidasas, flavoproteínas y citocromo-oxidasa (Dorantes 1978). Las fenolasas pertenecen al grupo de enzimas que tienen cobre en su molécula y se hallan distribuidas en toda la planta, principalmente en los ele-

mentos vasculares.

Los principales sustratos enzimáticos en la oxidación-biológica son los compuestos fenólicos, los que en vegetales -- alimentarios en su mayoría son de tipo flavonoides como lo muestra la figura #19.

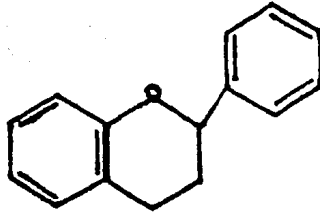


Fig. 19

Estructura Flavonoides

La mayoría de los flavonoides naturales tienen un patrón dihidro-oxidado similar al catecol como lo muestra la figura 20.

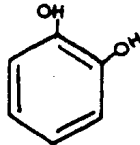


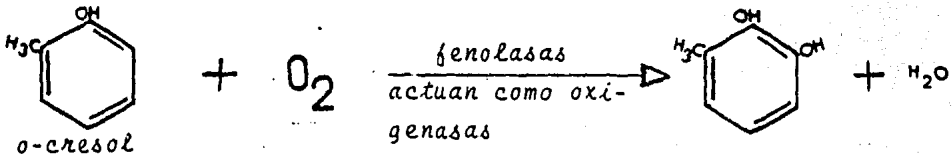
Fig. 20

Catecol

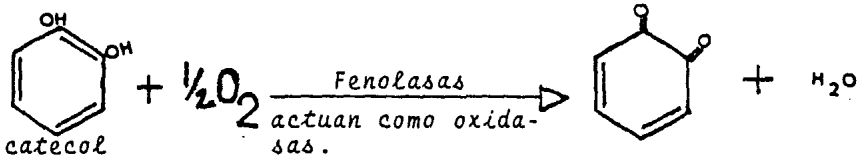
Existe una amplia variedad de sustratos o-dihidroxi-fenoles tales como catecol, pirogalol, dihidroxi-fenilalanina, ta-ninos, ácido clorogénico, etc.

Las fenolasas catalizan dos reacciones diferentes que pueden ser secuenciales:

1.- La hidroxilación de algunos monohidroxi-fenoles a-di-hidroxi-fenoles.



2.- La oxidación de o-dihidroxi-fenoles a o-quinonas.



Las fenolasas son consideradas como oxigenasas solamente por la primera actividad que también se conoce como actividad de cresolasas. También actúan como oxidasas, esta actividad es más específica que la primera.

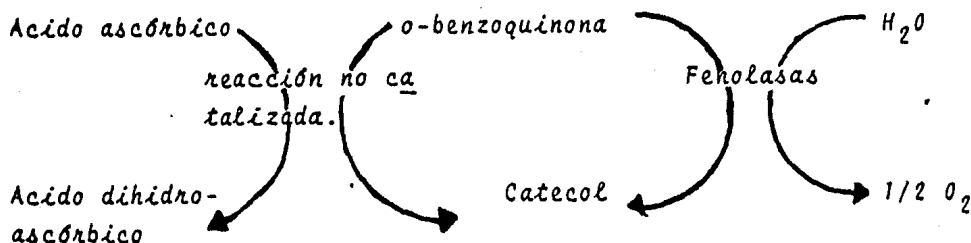
Las reacciones secundarias más importantes por lo que se refiere a obscurecimiento son:

- 1.- Oxidación de acoplamiento de los sustratos oxidados.
- 2.- Formación de complejos amínicos y proteínas.
- 3.- Condensación y polimerización.

Las polifenoloxidasas (enzimas responsables del oscurecimiento) han sido extraídas y purificadas a partir de frutos de aguacate por Knapp (citado por Dorantes 1978), mediante precipitación en acetona y fraccionamiento en sulfato de amonio; estas enzimas también han sido ya ampliamente caracterizadas (Dorantes 1978).

(Castil, 1976 citado por Chavez F. 1980) usa la espectrofotometría como método indirecto para medir la actividad fenolásica según el método propuesto por Sisler y Evans (1958) y la concentración de proteínas a partir de fenolasas extraídas de aguacate. La cantidad de o-benzoquinona formada a partir de catecol como sustrato está en proporción directa a la actividad fenolásica. La medición de absorbancia de luz a 265 nm de ácido dihidroascórbico que ha sido oxidado por la o-benzo-quinona a partir de ácido ascórbico, está en relación directa con la cantidad de o-benzoquinona formada anteriormente. La reacción se puede esquematizar de la siguiente manera:





Por lo que respecta a inhibidores químicos de la actividad enzimática (Rodríguez 1973; Dorantes 1978), Han estudiado algunos productos sobre fenolasa extraídas de la pulpa de aguacate.

Dorantes (1978) reporta los resultados de los inhibidores de la actividad enzimática, concluyendo que el bisulfito y el sulfito de sodio resultaron con alta efectividad como inhibidores de la reacción. En general Dorantes, agrupa en tres a los compuestos químicos inhibidores de la actividad de las fenolasa:

- 1.- Aquellos que son oxidados en presencia de polifenoles, como en el caso del ácido ascórbico.
- 2.- Aquellos que hacen inefectiva a la enzima formando complejos o sustituyéndose en el grupo prostético de la enzima.
- 3.- Aquellos que forman complejos con el sustrato, como en el caso del bisulfito de sodio.

La actividad enzimática es también afectada por el pH; Dorantes (1978) encontró inhibición total con valores de pH entre 1 y 3; así mismo, este autor reporta que los valores de pH arriba de 9, aunque se logra una inhibición de la fenolasas, se presenta una oxidación alcalina no enzimática de los fenoles.

La actividad relativa de las polifenoloxidasas a pH de 3 es alrededor de 5%, a pH de 3.5 es casi 20% de actividad máxima y a pH de 4.8 casi el 100% de actividad (Knapp 1965).

Los cultivos de aguacate difieren en el obscurecimiento: El cultivo Fuerte se decolora más rápidamente que el cultivo Lerman.

Golan (1977), concluyó que el alto contenido de polifenoloxidasa del aguacate, contribuye a un potencial alto de obscurecimiento.

Dentro del procesamiento del fruto del aguacate, pulido o pasta hasta congelamiento o deshidratación, el sustrato fenólico en contacto directo con la enzima fenolasa y oxígeno atmosférico conduce este obscurecimiento.

El obscurecimiento fue controlado por la adición de antioxidantes, tal como, 300 ppm de bisulfito de sodio y 2000 ppm de ácido ascórbico, o una combinación de 100 ppm de bisulfito de

sodio y 1000 ppm de ácido ascórbico (Bates 1968). La concentración de 500 ppm de bisulfito de sodio imparte un sabor raro al puré o a la pasta.

### 5.1.2. Métodos de preservación.

De acuerdo a lo estudiado, los procesos de conservación e industrialización del aguacate han tenido diferentes características de acuerdo a la parte del fruto que se maneje, -- por lo que no sería conveniente mencionar estos procesos en general, sino que es necesario hacer una clasificación del fruto -- que comprendería rebanadas de aguacate, pastas o puré, aceite y residuos.

#### 5.1.2.1. Rebanadas de aguacate

##### 5.1.2.1.1. Sistemas de congelamiento

#### CONGELAMIENTO CON FREON EN REBANADAS DE AGUACATE

El Freón es un líquido coloreado a baja temperatura -- que ebulle aproximadamente a  $-30^{\circ}\text{C}$ . Su uso ha sido aprobado por la administración de alimentos y medicamentos.

Lloyd, Smith y Winter (1970) utilizaron rebanadas de aguacate de las variedades Hass y Fuerte y se sumergieron en

diferentes concentraciones de ácido ascórbico y ácido málico -- por períodos largos de tiempo, con el fin de mejorar la retención del color y sabor, las rebanadas fueron rociadas con Freón en un punto mínimo de congelado comercial. El tiempo de congelamiento fue entre 3 y 4 minutos. Los resultados indican que en este método se obtiene un producto comparable con el fruto fresco. Sin embargo, la estabilidad del almacenamiento estudiada a  $-17.8^{\circ}\text{C}$  no funcionó por algún tiempo.

Estos mismos autores utilizaron rebanadas de las mismas variedades anteriores y fueron sometidos a una congelación con nitrógeno líquido y los resultados obtenidos fueron que el sabor y la textura de estos se mantuvieron por más de un año.

#### 5.1.2.1.2. Deshidratación.

Lloyd, Smith y Winter (1970) utilizaron las variedades Hass y Fuerte. El fruto fue cortado en 8 partes (rebanadas). El tiempo requerido para reducir la humedad a 10% fue de 75 horas. Se utilizaron 2 métodos de secado. El método A que consiste en meter las rebanadas a  $110^{\circ}\text{C}$  por 4 horas, después la temperatura fue bajada a  $90^{\circ}\text{C}$  por 8 horas y finalmente a  $70^{\circ}\text{C}$ , temperatura a la cual se lleva a cabo la deshidratación.

El método B la temperatura permaneció constante a  $70^{\circ}\text{C}$  hasta la deshidratación.

La pieza seca por el método A se hincho en apariencia y tuvo una textura frágil o quebradiza. En contraste con los preparados por el método B, fueron arrugados y duros (resistencia).

Las propiedades comparables de almacenamiento en las piezas deshidratadas, fueron almacenadas por 2 meses a 30°C y una humedad relativa de 63, 65, 80, 83%. Las muestras secas por el método A absorben el 80 y 83% de humedad relativa más que las preparadas por el método B pierden más fácilmente humedad que las del otro método.

Bajo este resultado se hizo un experimento de almacenaje con las rebanadas de aguacate deshidratadas por el método B. Durante el intervalo de 2 meses de almacenaje en 30°C y 67, 74 y 100% de humedad relativa, concluyendo que el aguacate deshidratado puede ser almacenado satisfactoriamente arriba de 2 meses de 30°C en ausencia de crecimiento de mohos, siempre que el contenido de humedad inicial sea bajo (1-1.5% o menos) y un aire húmedo (arriba de 74% de humedad relativa).

Alzamora y Chirife (1980) estudiaron durante la deshidratación del aguacate, los efectos de algunos factores como el contenido inicial del aceite, el decoloramiento y el congelamiento sobre los cambios de humedad. Se encontró que el coeficiente de difusión del agua en el aguacate era fuertemente afec

tado por el contenido de aceite.

El equipo de deshidratación que se usó consiste en un ventilador centrifugo que sopla el aire a través de una sección de calentamiento hacia el interior de un conducto al fin del -- cual está colocada la muestra en una balanza de precisión, a -- una alta velocidad de aire constante (13m/seg). Se utilizó este mecanismo para eliminar las resistencias externas que provocan pérdidas de humedad (Vaccarezza y colaboradores 1974; citado por Alzomora 1980).

#### 5.1.2.1.3. Preservación por adición de aditivos.

Keger y Ceballos (1983) utilizaron rebanadas de aguacate de la variedad Fuerte con 0.20% de ácido ascórbico, 0.15% de ácido ascórbico y 0.40% de ácido cítrico. Fueron empacados al vacío en bolsas de celofán/polietileno laminado, almacenado entre 4°C y -20°C por 6 meses. Se demostró que este tratamiento da una buena retención de calidad, tomando como parámetros pH, peróxido, color y calidad sensorial.

#### 5.1.2.2. Pasta o pure de aguacate

##### 5.1.2.2.1. Sistemas de congelamiento

Se hicieron varios intentos para utilizar al aguacate-

en forma de puré congelado. Cruess y colaboradores (1951) sugirieron mezclar el aguacate con azúcar (3:1) y almacenarlo a  $-17.8^{\circ}\text{C}$ . Pero resultó que el producto en contacto con el aire, oscurece y desarrolla mal sabor durante el almacenaje.

Macfíc y Stahl (1955) prepararon puré de aguacate con diferentes variedades, se agregó jugo de limón, aderezo para en salada y vieron que se podía congelar. El resultado fue que el puré conservó su color más tiempo a temperatura de refrigeración pero después de un tiempo prolongado se decoloró.

Stephens y colaboradores (1957) prepararon una ensalada de aguacate (guacamole) aceptable, mezclando 100 partes de aguacate, 5 partes de limón, 4 partes de cebolla picada y 1 parte de sal. Sustituyendo el aire por nitrógeno en el espacio de agotamiento de los envases de vidrio o de las latas y también se ensayó con bolsas de polietileno. El guacamole se mantuvo bien durante 7 meses a  $-18^{\circ}\text{C}$ , las muestras empacadas en bolsas de polietileno se decoloraron y enranciaron después de 3 meses de almacenamiento a  $-18^{\circ}\text{C}$ .

La base de ensalada hecha con la variedad Lula tuvo un promedio superior de color, sabor y consistencia. Algunas otras variedades produjeron una base de ensalada con una consistencia amantequillada después de almacenarlo en temperaturas de conge-

lamiento. Mientras otras se enmohecieron y la fase acuosa se separó de la mezcla. Para minimizar la separación de esta fase acuosa Stephens y colaboradores (1958) usaron una mezcla de harina de arroz serosa y alginato de sodio. (diagrama 21)

Una formulación parecida a la reportada por Stephens-- (1957) es comercializada en los Estados Unidos de Norteamérica por las firmas Calaso y Carnation, y vendidas congeladas bajo la denominación de "guacamole". Estas mismas firmas producen puré congelado por un proceso criogénico con nitrógeno líquido, y el producto empacado en latas metálicas conserva las características de calidad del producto fresco durante años, si se almacena a  $-18^{\circ}\text{C}$ .

Otra forma de conservación por congelación es la llamada "nieve de aguacate" y "sorbete" en Brasil, producto cacerero, no producido industrialmente pero que ofrece una alternativa viable de procesamiento.

#### 5.1.2.2.2. Tratamiento térmico.

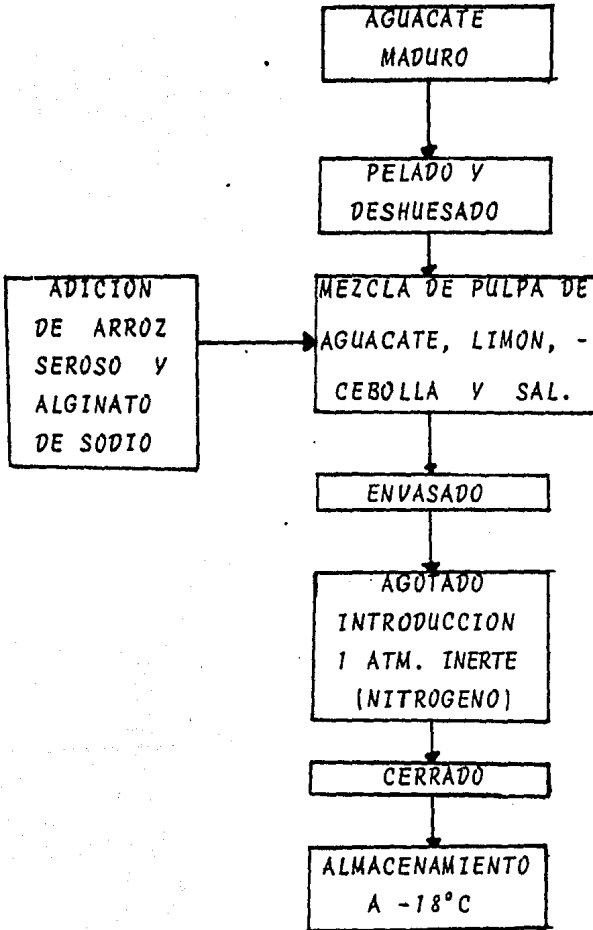
Los métodos de conservación basados en el empleo del calor han resultado hasta ahora inadecuados, ya que el aguacate experimenta, como consecuencia de la acción del calor, cambios irreversibles en sus características organolépticas, de los que-



DIAGRAMA 21

PREPARACION DE PURE DE AGUACATE

PROPUESTO POR STEPHENS Y COLABORADORES 1958



el más notable y grave es el desarrollo de sabores amargos - - -  
(Cruess y colaboradores 1951).

Estas sustancias se deben a la combinación de varios -  
compuestos químicos, algunos de ellos que ya se encuentran en el  
aguacate y otros que se forman durante el calentamiento.

García y Andrade (1975) estudiaron los efectos de las-  
combinaciones tiempo-temperatura en el desarrollo de sabor extra-  
ño en pasta de aguacate de la variedad Azteca. Estos autores --  
construyeron una curva similar a la curva tiempo de muerte térmi-  
ca para ilustrar la relación entre calentamiento y formación de-  
sabor extraño.

Se observó que con tratamientos suaves de hasta 60°C -  
durante 20 minutos (baja temperatura, largo tiempo) ó 90°C du-  
rante 1.4 minutos (alta temperatura, corto tiempo (UTST), no se-  
inducía la formación de sabores extraños, en tanto que con trata-  
mientos más severos, se obtuvo la presencia de malos sabores.

Ben-et y colaboradores (1973) identificaron compuestos-  
contribuyentes al sabor amargo inducido térmicamente (100°C por-  
15 minutos), los cuales son: 1-acetoxi-2,4,dihidroxi-n-heptade-  
queno-16 con un punto de fusión de 56.5°C.

### 5.1.2.2.3. Deshidratación

De los diversos procedimientos para la conservación de la pulpa del aguacate, uno de los más estudiados y exitosos ha sido el de la liofilización que es básicamente una técnica para eliminar agua de materiales húmedos, llevando estos al estado sólido y posteriormente sublimando. Normalmente, el material es una suspensión, solución o un sólido, que es congelado a condiciones atmosféricas, posteriormente el hielo se transforma en vapor y se elimina.

Este proceso de secado se lleva a cabo a temperaturas bajas, dentro del intervalo de  $-40$  a  $40^{\circ}\text{C}$ , y dentro de cámaras herméticas, en las que por medios mecánicos se obtienen altos vacíos del orden de  $0.01$  mmHg.

El cambio de estado directo de la forma sólida a la gaseosa, es el principio fundamental de la liofilización.

Lime (1969) reporta la metodología para la preparación de una formulación de aguacate y los factores que influyen en la vida de anaquel, encontrando que la ausencia de oxígeno se ha -- mostrado esencial para la estabilidad del producto. El producto empacado en atmósferas de nitrógeno retenía características de -- sabor aceptable por 48 semanas a temperatura no mayores de  $4.4^{\circ}\text{C}$  A  $20^{\circ}\text{C}$  el producto era aceptable por 16 semanas, mientras que a-

38°C se obtenía sólo una estabilidad limitada de 3 semanas, se recomendaba un contenido de humedad de 2% ó mayor para la reducción de la formación de peróxidos en el material almacenado.

Se hizo un guacamole con la variedad Lula; la ensalada contenía 88.7% de aguacate, 4.6% de jugo de limón, 0.27% de cebolla en polvo, 1.43% de sal, y 5.0% de harina de galleta. Se colocó la mezcla en 17 latas de acero # 10, 14, 30, 40 de 60Z. cada uno. Estas se almacenaron a -23.3°C antes de que el material fuera deshidratado. Se procedió al secado de la pulpa. El aparato se encontraba desprovisto de un sistema para verificar la temperatura durante el proceso.

Para proteger el producto del calentamiento no se aumentó la temperatura a más de 38°C, bajo estas condiciones se necesitaron 44 horas para alcanzar una humedad apreciable de 3%, después de este proceso se colocó el material en un cilindro de plástico de 55 galones. Se purificó en atmósferas de nitrógeno. El material se conservó 1 día a 4.4°C para después ser enlatado a 38°C; La temperatura de almacenamiento fue de 20°C, 4.4°C y -17.8°C y con una humedad relativa de 25%.

Gomez y Bates (1970) realizaron un trabajo similar -- usando aguacates de las variedades Waldin, Lula, y usaron formulaciones de puré y guacamole liofilizado, encontraron diferencias significativas en las velocidades de oxidación entre las -

variedades del puré y el guacamole. Las muestras almacenadas a 38°C fueron inaceptables al final de 7 semanas. Las muestras almacenadas en aire a 21°C fueron aceptables después de 12 semanas y las almacenadas en atmósferas de nitrógeno a 21°C después de 15 semanas, reportando que los valores de peróxido no fueron útiles en la predicción de aceptabilidad, ya que se presenta deterioro de carácter sensorial sin que se incremente el valor de peróxido.

La preparación del puré es similar al procesamiento anterior, pero para prevenir el oscurecimiento enzimático se agrega a la mezcla 3% de bisulfato de sodio y 1% de ácido ascórbico. El puré se esparció en una fina capa de 1/2 pulgada sobre un plato de acero sin estaño, se procedió al congelado a -18°C y se deshidrató a una temperatura de 38°C durante 24 horas, hasta alcanzar una humedad de 2-2.5%. Inmediatamente se conservaron en latas al vacío con nitrógeno, y se almacenaron a 21°C y a 38°C. Se analizaron periódicamente las cantidades de peróxido, características organolépticas, y los gases. Algunas latas se almacenaron a -10°C. Este procedimiento se muestra en el diagrama 22.

Lladser y Peñosa (1975) realizaron un trabajo usando aguacates de la variedad Hass preparando un puré y llevado a congelación, esto se realizó en un congelador de placas modelo Freze-cel de la Dole Refrigerating Co. (U.S.A.). Este equipo -

opera por expansión de Freón 502 a una temperatura de  $-40^{\circ}\text{C}$ .

El secado se realizó en un liofilizador experimental de la firma Brizio Basi, Milán (Italia), modelo BUF/2S, provisto de una balanza Mettler K7 para el control de la pérdida de peso.

La energía de sublimación y de desorción se suministra por radiación desde dos placas emisoras negras entre las que se sitúa la pasta congelada. Las muestras de pasta de aguacate liofilizada, envasadas en latas metálicas de 1/4 Kg de capacidad, se almacenaron durante 15 días en una cámara con termostato a  $37^{\circ}\text{C}$ .

Los resultados obtenidos en este proceso concluyeron que el secado por criodeshidratación del aguacate exige en consecuencia que la temperatura no sea más abajo de  $-15^{\circ}\text{C}$ .

Se determinaron los contenidos de humedad residual del aguacate liofilizado que confiere, según aquellas teorías, la máxima estabilidad en el almacenamiento de este producto. Calcularon la humedad asociada al aguacate en forma capamonomolecular y la humedad de seguridad postulada respectivamente por las teorías BET y de Caurie. Estas humedades resultaron ser del 1.5% y 4.3% en base seca respectivamente.

El contenido de ácido grasos libres y el enranciamien

to alcanzaron valores mínimos en el intervalo del 1.2% de humedad residual. También el pH, los carotenoides totales y el parámetro a de color de Hunter indicaban un mayor estabilidad de las muestras conservadas con este contenido de humedad.

Se tiene notificación, aunque escasa, de la aplicación de procesos basados en "secado por aspersión" de aguacate. En Francia se hicieron pruebas de aguacate con mezcla de otros materiales. El mejor resultado se obtuvo con una mezcla de pulpa de aguacate con calabacitas (U.S. pat. 4,008,336, Haendler y co laboradores 1974, citados por Sánchez, G. 1983).

En base a lo anterior Sánchez, G. (1983) desarrollo un secado por aspersión de la pulpa de aguacate. Se utilizó un se cador Nyro Atomizer modelo piloto. Las variaciones de proceso que se estudiaron fueron la temperatura de entrada del aire de secado y la combinación temperatura de salida del aire-flujo de alimentación, encontrándose que las más adecuadas fueron temperatura de secado de 130°C y la temperatura de salida de 90 a -- 100°C, estas temperaturas se obtuvieron bajo el criterio de que debía tenerse una buena apariencia física, estado de agregación, olor, color, presencia del aceite fluido fuera del polvo, humedad y densidad aparente. A temperaturas más altas de 130°C el aceite tendía a fluir hacia el exterior de la superficie del -- polvo además que se obtenía olor a vegetal tostado, y a tempera turas bajas el polvo se obtenía con una humedad mayor a 8% y en

estos casos el polvo tendía a aglomerarse, además de que mantener la temperatura del aire de salida del secador en el valor seleccionado se hacía más difícil.

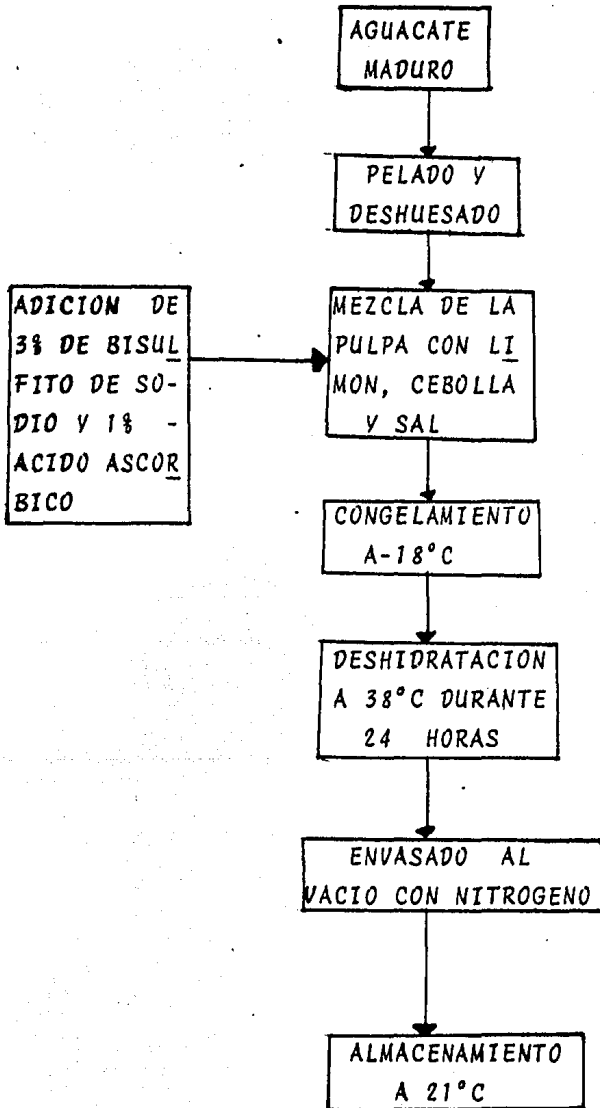
Fue necesario el uso de la goma arabiga (al 25% en base seca), como soporte para reducir el daño térmico causado por el proceso y sobre todo para mantener el aceite ocluido en el interior de los gránulos del polvo sin que este se aglomerara.

Se hizo también un ensayo acelerado de almacenamiento, esto se llevó a cabo almacenando tres lotes de polvo a diferentes temperaturas 4°C, 20°C y 38°C. Como conclusión de este trabajo fueron, tecnológicamente, se cuenta con un proceso básico de deshidratación que permite obtener un polvo de aguacate, que al reconstituir presenta características adecuadas para su consumo.

Las condiciones de proceso permiten obtener un producto con un mínimo de daño térmico, si bien no se evita del todo. No se puede llegar a conclusiones definitivas acerca del período de vida útil del producto obtenido, pero el resultado de lograr un período de almacenamiento de 5 meses para alcanzar una media de calificación de "ni gusta ni disgusta" en los análisis sensoriales, es alentador para tratar de optimizar el sistema de empaque y las formulaciones de diversos productos finales.



DESHIDRATACION DEL PURE DE AGUACATE  
GOMEZ Y BATES 1970



#### 5.1.2.2.4. Adición de aditivos en la pulpa de aguacate.

La actividad enzimática está en relación directa con la concentración de enzima; los niveles enzimáticos, dependen del estado fisiológico del fruto, así como de los niveles de fertilización, factores climáticos, edad y sanidad de los árboles e incluso del grupo y variedades (Dorantes 1978).

La cinética del oscurecimiento enzimático y la conservación de la pulpa, a parte de estar relacionado con los niveles enzimáticos contenidos en la pulpa, son afectados en mayor o menor grado por los factores siguientes:

- a).- Manejo en post-cosecha de los frutos.
- b).- Ambiente de manipulación durante la extracción de la pulpa (presencia o ausencia de oxígeno).
- c).- Sanidad del medio y del equipo usado en la extracción.
- d).- Inhibidores químicos de la actividad enzimática empleados en la preparación de la pulpa.
- e).- pH final de la pulpa al envasar.
- f).- Aditivos empleados.
- g).- Presencia de luz.

En base a lo anterior se ha intentado desarrollar métodos para la inhibición de las enzimas responsables del oscurecimiento para obtener posibilidades de industrialización del aguacate.

Cortez y González (1971) ensayaron varios conservadores, a diferentes dosis y envasados en plástico y en vidrio, y resultó, que es posible conservar la pulpa de aguacate en perfectas condiciones, durante un periodo de 30 días, empleando la siguiente técnica:

Los aguacates se lavaron con detergente, se enjuagaron con agua potable y se colocaron durante 5 minutos en solución de cloramina al 0.0001%, se mondaron y la pulpa se paso por un tamiz de malla plástica (0.5 mm) para eliminar la fibra. La pulpa se preparó a una temperatura de 6°C adicionando ácido ascórbico (0.015 M), ácido sórbico (0.025%) como conservador y alginato de sodio (0.5%) como espesante; envasado al vacío en envases de vidrio y almacenamiento en refrigeración a 2°C.

El envase de plástico (polifán) no fue adecuado porque altera los caracteres organolépticos de la pulpa.

Chavez y Corrales (1980) procesaron aguacates de la variedad Fuerte. Para la extracción de la pulpa se practicaron 2

ambientes; uno en atmósferas normales y el otro en atmósferas de nitrógeno (99.7%). Los frutos escogidos para el proceso tuvieron el mismo estado fisiológico y de una calidad fitosanitaria aceptable. La pulpa fue tratada con inhibidores químicos del oscurecimiento y se agregó ácido acético para uniformizar el pH a 5.5 aproximadamente, la pulpa fue envasada en frascos de vidrio y almacenada en refrigeración a una temperatura de  $-3^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  durante 3 meses.

Los resultados fueron los siguientes; el mejor inhibidor químico del oscurecimiento a los 15 días fue el ácido ascórbico al 0.3% partes proporcionales. El ambiente inerte de nitrógeno controló totalmente el oscurecimiento de la pulpa aún a los 3 meses.

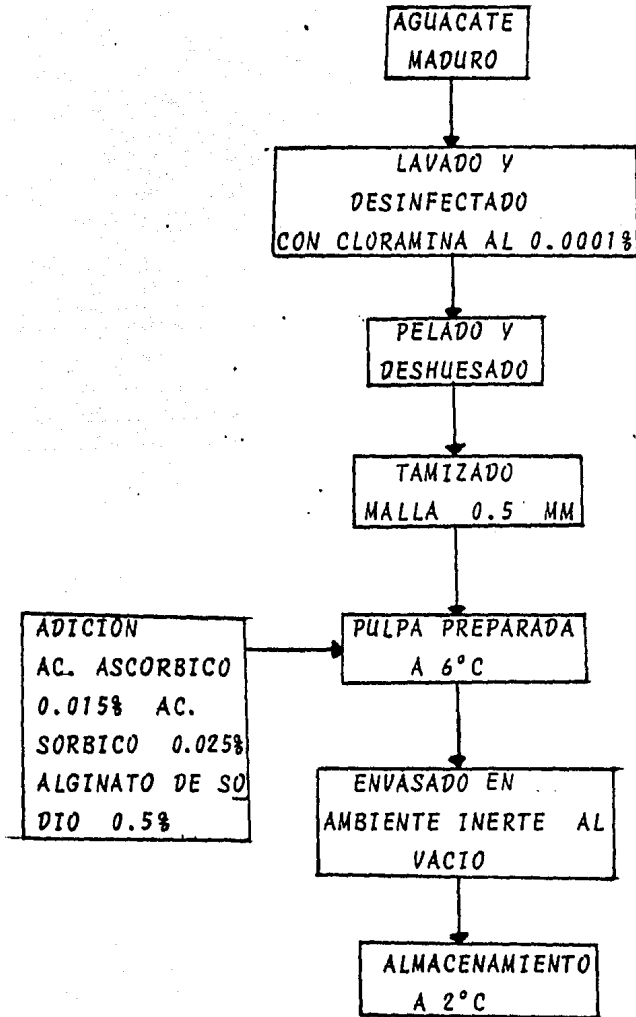
En general el sabor, aroma y textura no cambiaron ni presentaron diferencias entre tratamientos cuando el proceso se hizo en este ambiente inerte. Este procedimiento se describe en el diagrama 23.

El pH tampoco cambia en ninguno de los casos.

Carvallo y Schaffeld (1983) hicieron una formulación de una pasta de aguacate, la pulpa se extrajo como las técnicas anteriores, se le adicionó aditivos y se empacaron en bolsas de PVC con 250 g de pasta y el almacenamiento fue de  $8 \pm 1^{\circ}\text{C}$ .

DIAGRAMA 23

PREPARACION GENERAL DE PULPA DE AGUACATE  
CON ADITIVOS.



Los resultados obtenidos después de 55 días de almacenamiento fueron los siguientes: La formulación con 0.6% de Dyno-pil anoxomer y un almacenamiento de 8°C fue la más aceptada.

En este mismo año Keger y Cevallos estudiaron la respuesta de la pulpa de aguacate con aditivos y baja temperatura. A la pulpa se le agregó 0.15% de ácido sórbico, 0.20% de ácido ascórbico y 0.4% de ácido cítrico, fue empacado al vacío en - - bolsas de celofán/polietileno laminado y almacenado entre 4° C- y 20°C por seis meses. Los resultados fueron dados por pH, peróxido, color y calidad sensorial, dando una buena retención de calidad sensorial de calidad durante este tratamiento.

Otro estudio fue el que desarrolló Covarrubias (1984)- en el cual el objetivo era encontrar el efecto de los aditivos- (ácido cítrico, ácido málico, ácido tartárico, sorbato de potasio, metabisulfito de sodio,  $\alpha$ -tocoferol y colorante) sobre las propiedades bioquímicas, microbiológicas y sensoriales de la -- pulpa del aguacate de la variedad Hass tratado térmicamente a - 55, 65 y 75°C.

Las concentraciones de los aditivos fueron 0.05% a 2% de ácido cítrico, 0.05% a 2% de ácido málico, 0.1% de ácido tartárico, 0.1% de sorbato de potasio, 0.01% de  $SO_2$ , 0.1% de  $\alpha$ -tocoferol con 50% de ingrediente activo y 700 ppm de colorante verde limón

Finalmente la pulpa fue enlatada y se mantuvo a refrigeración a 4°C por 7 días.

La pulpa tratada con 0.01% de sorbato de potasio, 0.01% de SO<sub>2</sub>, 700 ppm de colorante verde limón, una temperatura de --75°C, pH de 6.7, presentó posibilidades de procesamiento de la pulpa de aguacate para conservarlo.

### 5.1.2.3. Aceite de aguacate.

Como se ha mencionado, una de las características fundamentales del aguacate es su contenido de materia grasa. Esta materia grasa posee algunas propiedades que la hacen particularmente apreciada en farmacia y cosmetología. Siendo capaz de reducir la tensión superficial de los líquidos y de formar emulsiones muy finas. Es un aceite penetrante que puede compararse a la lanolina, puede ser empleado como vector de diversos productos y en numerosas preparaciones donde esta característica de penetrabilidad es deseada (Haendler, 1965). La utilización de aceite es aún una área poco explorada, debido al precio relativamente alto de la materia prima. Sin embargo, la existencia de nuevas y grandes plantaciones en varios países pueden hacer factible la instalación de unidades industriales para el procesamiento del fruto. (Leite do Canto y colaboradores 1980).

El aceite de aguacate no es irritante, contiene vitami

nas liposolubles en cantidades pequeñas y bastante rico en fito Esterol y lecitina; su olor es muy suave y se enrancia muy poco.

El aceite crudo presenta un color variable entre verde y marrón claro que después de neutralizarlo y blanqueando adquiere un tono color amarillo claro. Este aceite está constituido de 60-84% de ácidos grasos insaturados y se destaca por su alto contenido de ácido oleico. Por eso, cuando se compara con los principales aceites comestibles de origen vegetal, se asemeja bastante al aceite de oliva.

La diferencia que presenta el aguacate en utilizaciones cosméticas y medicinales, en relación a los demás aceites vegetales más conocidos, en su contenido relativamente alto de materia insaponificable y la naturaleza de los componentes de esta fracción, que de acuerdo a diversos autores (Haendler, 1965; Thiers 1971), son responsables de las propiedades regenerativas de la epidermis.

Esta fracción insaponificable constituye una mínima parte del aceite (2-5%), la composición consta de 2 partes desconocida que contiene esteroides, tocoferoles, carotenos, vitaminas, alcoholes terpenicos y carburos de hidrógeno. La otra llamada "indeterminada", contiene numerosas sustancias las cuales aún no han sido identificadas. (Charles Paquot 1977; citado por --



Haundler, 1985).

En la tabla 24 se muestran algunas de las propiedades físicas y químicas del aceite de aguacate. Esta tabla indica un intervalo grande, sorprendente en la relación de ácidos grasos insaturados o saturados mientras que el índice de solidificación, la gravedad específica y el índice de refracción muestran solo pequeñas diferencias en todas las muestras probadas.

TABLA 24  
PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DEL ACEITE DE AGUACATE

PROPIEDADES	MINIMA	MAXIMA
Valor de acidez (%)	0.4	8
Indice de saponificación (mg KOH/g)	117	198
Indice de yodo (g I <sub>2</sub> /100)	65	95
Valor de tiocianogeno (g/100 g)	87.2	91.8
Indice de acetilo (ácido acético por acetilación).	9.2	19.6
Indice de peróxido (mg O <sub>2</sub> /Kg)	-	80
Indice de Reichert-Meissel (ácidos volátiles solubles)	9.6	15.9
Indice de Polenske (ácidos volátiles insolubles)	0.2	8.0
Acidos saturados (%)		7.2
Acidos no saturados (%)		85
Insaponificables	0.8	1.6
Indice de refracción, 40°C.	1.46	1.46
Peso específico 20-21°C	0.90	0.92

Fuente: Datos de Hulme (1971) y Leite do Canto (1980). Intervalo de valores de diversas variedades en diferentes países.

Los procesos de extracción para la obtención de aceite, han motivado interés desde hace mucho tiempo y existen diversas técnicas de extracción. Una de las más simples y rudimentaria -- consiste en macerar la pulpa en agua caliente y recuperar el -- aceite sobrenadante, este procedimiento es empleado por algunos indígenas de América del Sur; el aceite obtenido es de mala calidad y un rendimiento muy bajo.

Ferreira (1973) describe brevemente un proceso de extracción que consiste en someter a la pulpa a calentamiento por 15 minutos, se adiciona agua y se hierve durante 15 minutos más. La separación del aceite es por centrifugación. El rendimiento es de aproximadamente 60%.

Otro procedimiento consiste en mezclar la pulpa molida con cal (de 0.5 a 0.3% según la variedad), para formar una pasta homogénea. La mezcla se deja en contacto, de 10 a 15 minutos si se desea obtener un aceite verde, o una hora si se desea obtener un aceite amarillo. El aceite se separa de la pulpa -- utilizando el proceso de decantación o centrifugación. El producto obtenido en este caso es utilizado en la industria y particularmente para la fabricación de jabón. El rendimiento es -- bastante bajo en esta técnica. Y presenta una calidad inferior.

### 5.1.2.3.1. Método de extracción

Montano y colaboradores (1962) reportaron sobre un método de extracción directa sobre el tejido fresco de aguacate usando una mezcla de 95% de etanol y hexano. El alcohol deshidrata el tejido y facilitó la extracción de aceite por medio del hexano. Los resultados preliminares indicaron que la humedad en el tejido probablemente repele el hexano, por lo tanto, es deseable la eliminación de agua antes de la extracción con este disolvente (proceso de deshidratación). Esta operación puede efectuarse en estufas, o bien empleando una corriente de gas inerte, para evitar la oxidación del aceite.

Para obtener un aceite de buena calidad se requiere temperaturas de secado de la pulpa entre 55 a 75°C; y para tener un contenido máximo de humedad recomiendan al 17% antes de la extracción, se requiere de tiempo de secado de alrededor de 12 horas. Con el proceso de deshidratación el método de extracción tiene ventajas sobre el método a presión convencional. -- Cruess (1951) encontró un rendimiento de aceite de sólo el 81% por medio de la presión hidráulica de la pulpa del aguacate, -- mientras que el rendimiento por extracción de solventes fue de 97-98%. Además el método de presión hidráulica requiere, de -- más mano de obra y operaciones complicadas de carga y descarga.

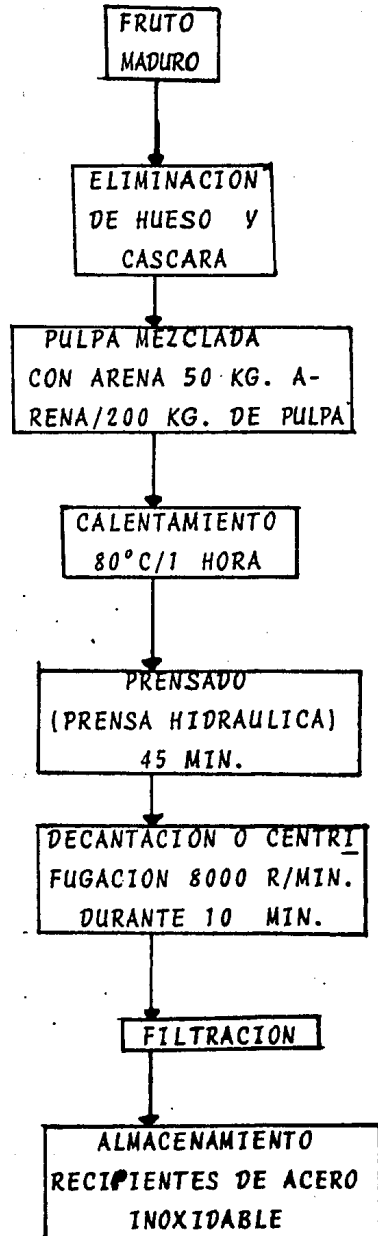
La extracción de aceite con éter de petróleo permite-

rendimientos del 95%. Se obtiene un aceite de buena calidad pero el inconveniente para esta técnica es la necesidad de un adecuado proceso de refinación para retirar el solvente del aceite y de los residuos para poderlos utilizar. El costo del proceso es alto.

Existen métodos de extracción por medios mecánicos como es el prensado que consiste en los siguientes pasos: Thiers (1971) describe dos formas de extracción de aceite en dos instalaciones una en Martinica (Sicama) y otra en Guadalupe (Morazzani) utilizando solo su producción. La fruta madura, se le elimina el hueso y cáscara, la pulpa se mezcla con arena en una proporción de 50 Kg de arena/200 Kg de pulpa. Esto se calienta a 80° C por una hora. Después de la cocción se deposita la mezcla sobre lonas de naylon y es prensado (prensa hidráulica), la duración de prensado es del orden de 45 minutos. El aceite obtenido es decantado (Martinica) y en Guadalupe se separa por centrifugación (8000 R/min. durante 10 minutos). El aceite crudo se filtra y se almacena en recipientes de vidrio. Los rendimientos son más o menos cerca de 4 ó 5%. Descrito en el diagrama 25.

Para extraer el aceite por prensado se requiere de una deshidratación anterior hasta tener un contenido de humedad no mayor del 9%, esta humedad cercana al contenido de un grano, permite, al aplicar una presión del orden de 500 Kg/Cm<sup>2</sup>, la ex

DIAGRAMA 25  
EXTRACCION DE ACEITE DE AGUACATE



tracción de 80 a 85% del aceite presente en la pulpa.

Una variante a este proceso consiste en secar la pulpa solo un 5-6% de humedad, colocandola a 75/80°C durante 30 minutos, a esta pulpa se le adiciona 15% en peso de arena o un filtro ayuda. Se prensa a una presión mínima de 60 Kg/Cm<sup>2</sup>. El líquido recuperado se separa en dos fases. La parte superior está constituida por el aceite, el cual puede ser recuperado -- por decantación. Después se procede a una filtración y se envasa. Los rendimientos en la extracción son variables dependiendo, fundamentalmente de la variedad de aguacate utilizado, estableciendo esta variación entre 85 a 93% (Haendler, 1965). La desventaja de este método es que el residuo no puede ser utilizado por estar mezclado con el filtro ayuda.

Después de varios intentos por encontrar un mejor método de extracción del aceite se encontró que los mejores resultados fueron obtenidos con la técnica siguiente: Los frutos cosechados no pueden ser tratados inmediatamente, una maduración -- previa es necesaria, la cual, en zonas tropicales pueden según los casos efectuarse, a la temperatura ambiente, dentro de un lapso que puede variar de 5 a 10 días.

El momento en que los frutos pueden ser procesados es el mismo, que cuando se juzgan aptos al consumo en estado fresco.

El fruto maduro, se deshuesa manualmente, la operación es rápida y sencilla no parece ser necesario mecanizarla. La mezcla de la pulpa y la cáscara es calentada a 75/80°C durante 30 minutos. Durante el calentamiento es necesario estar homogenizando, este procedimiento provoca una ligera deshidratación del producto (5 a 6%). Se agrega a la pulpa caliente 15% de arena limpia y seca, se mezcla y es prensado todavía caliente, dentro de una prensa hidráulica con una presión hidráulica mínima de 60 Kg/Cm<sup>2</sup>. El prensado es detenido cuando el derramamiento del aceite está terminado, y es suficiente en la mayoría de los casos filtrarlo por medio de una tela de algodón.

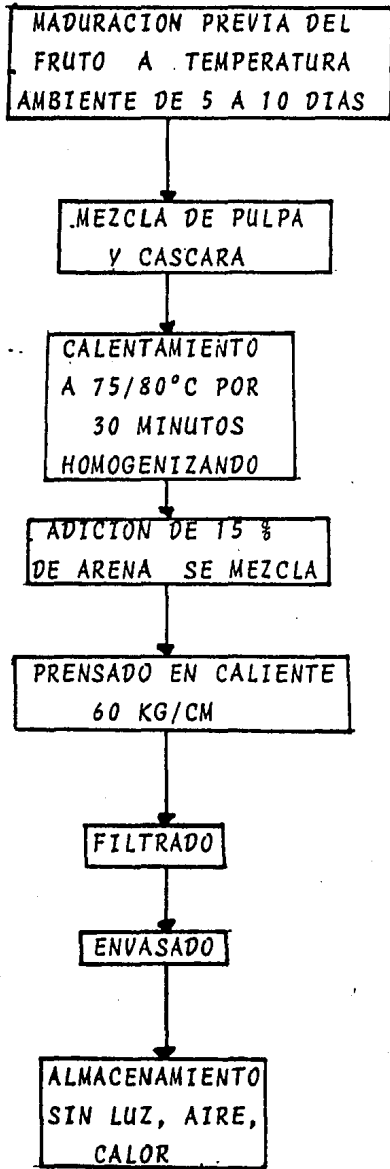
El aceite crudo puede envasarse en recipientes de vidrio. Por otra parte, a lo largo de la fabricación evita el contacto del aceite con el hierro o el cobre.

Durante el almacenamiento del aceite, se mantendrá el producto protegido del aire, de la luz y del calor. Los recipientes serán opacos y llenos al máximo. El rendimiento total varía como ya se dijo anteriormente según la variedad, esto se da entre 85 a 93%. Esta cifra puede ser considerada como satisfactoria y permite pensar la utilidad del método a un nivel industrial. Diagrama 26.

Otro procedimiento probado y mediante el cual, no es



DIAGRAMA 26  
EXTRACCION DE ACEITE



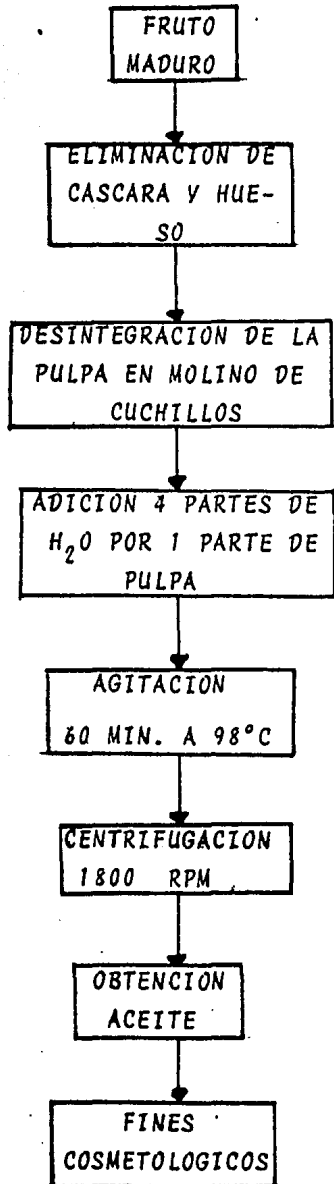
necesario retirar parte del contenido del agua del fruto para poder realizar la extracción y que además permite la utilización de la pulpa desgrasada. Es el de extracción por centrifugación. El Instituto de Tecnología de alimentos (ITAL) de Brasil ha realizado, durante varios años ensayos a nivel planta piloto. El proceso utilizado consiste en la desintegración de la pulpa en un molino de cuchillos, adición de 4 partes de agua por una de pulpa reteniendo la mezcla bajo agitación durante 60 minutos a 98°C y la separación del aceite a 1800 rpm en una centrifuga SRP de alfalaval, de tres pasos, empleando discos de 84.5 mm. de diámetro y un tiempo de descarga de 6 minutos. Bajo el procedimiento anterior, el rendimiento máximo alcanzado fue de 74% (Menchum y colaboradores 1976; citados por Sánchez 1983). El aceite así obtenido presenta una composición y características que permiten colocarlo dentro de las exigencias requeridas por las firmas Europeas importadoras de aceite, que lo utilizan para fines cosmetológicos.. Diagrama 27.

Al parecer la adición de agua ocasiona la separación de algún componente del aceite que se pierde durante la separación de las dos fases (Leite do Canto y colaboradores 1980).

En base a estos estudios Sánchez G. (1983) diseña un proceso de extracción por centrifugación que posibilite la obtención de un aceite de primera calidad y un rendimiento mayor,

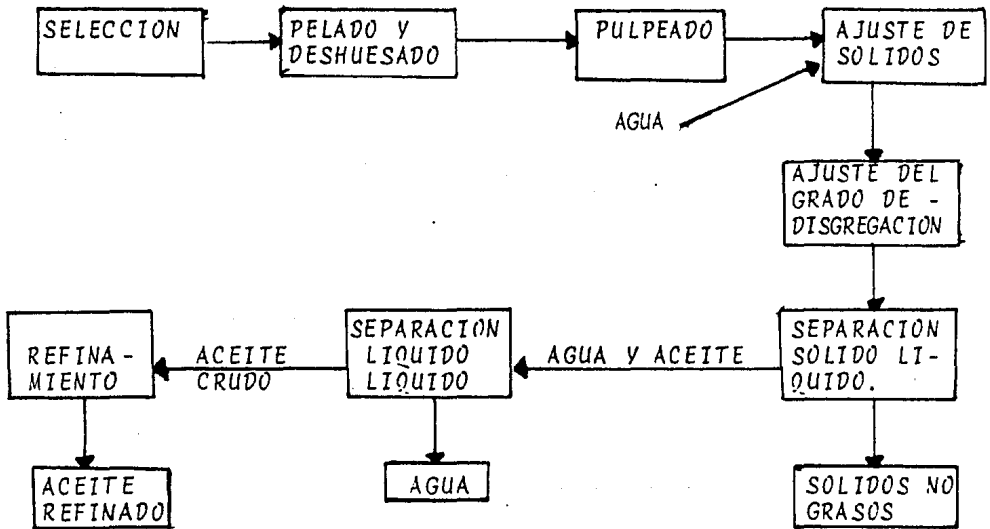
## DIAGRAMA 27

## EXTRACCION DE ACEITE DE AGUACATE



el cual se optimice la extracción por medio de una manipulación mecánica donde las variables de proceso serían el grado de disgregación de la pulpa, el tiempo de resistencia en el sistema de separación e indirectamente algunas características de flujo del material.

El proceso propuesto se describe en el diagrama 28.

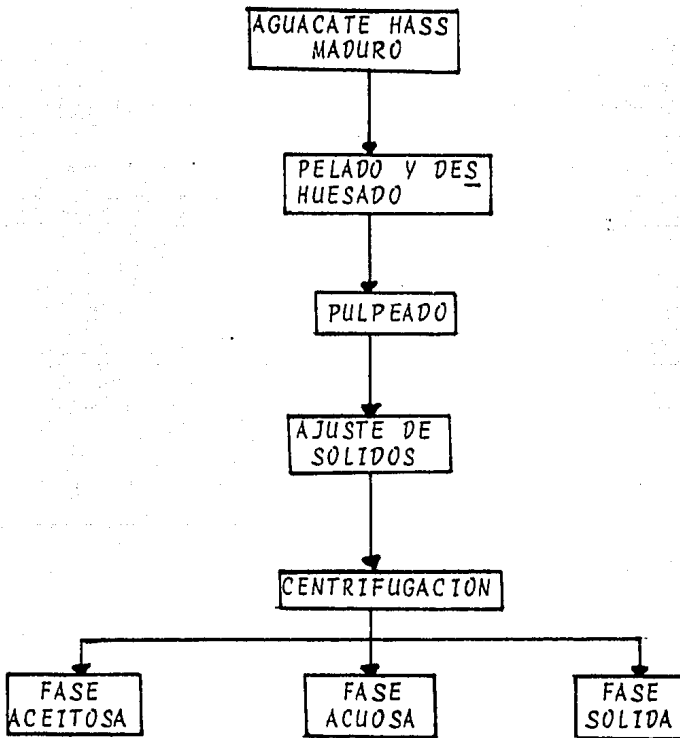


En la cual se observa que básicamente se trata de la separación, en una primera etapa, de los sólidos no grasos de una suspensión de aguacate, seguida por la separación de las dos fases, líquidos resultantes de la primera extracción.

En el diagrama 29 se muestran los pasos que se siguieron en la separación del aceite de aguacate en pruebas a nivel

laboratorio, utilizando una supercentrifuga de botella modelo - EXP, Damon Tec trabajando a 460 G durante 25 minutos. La suspensión de pulpa se ajusto a 1:1 en peso con agua, y el pulpeado se realizo con una malla del 40.

DIAGRAMA 29



De las tres fases obtenidas, acuosa, sólida y aceitosa, la primera es la mayor y es la fase donde se pierde mayor cantidad de aceite (7.9% del original), arrastrando la fase sólida -- también parte del mismo. Es posible que el aceite que permanece

en la fase acuosa debe encontrarse en forma de pequeños globulos que por su tamaño no alcanzan a ser separados en el tiempo de centrifugación dado. De la fase aceitosa, se observa un alto contenido de agua y sólidos (5.59%)

En este trabajo se concluye que el proceso viable y los rendimientos técnicos, basados en la cantidad de aceite residual en la fase sólida que se separa, son mayores que los reportados en la literatura para procesos similares (de 74% reportados por Menchúm y colaboradores 1974, y 89% obtenidos en este trabajo).

Se han tipificado los problemas que se encuentran en cada etapa de separación de sólidos, el problema principal se localiza en el grado de disgregación de la pulpa, que hay que determinar para permitir la separación del aceite atrapado en la misma, en la segunda etapa, se deben buscar alternativas de proceso para evitar o romper la formación de emulsiones, y poder manejar la pequeña fracción de sólidos que impiden una adecuada separación de las dos fases líquidas.

Sadir (1972) describe un proceso de extracción de aceite, obteniendo un rendimiento del 90 a 95%, en comparación con los otros procesos. El cual el fruto es sometido previamente a una fermentación anaeróbica y extrayendo al aceite con alcohol etílico y hexano.

#### 5.1.2.4. Procesos de refinación del aceite.

Los procesos de refinación del aceite, a escala industrial, no son perfectamente conocidos debido a que no se tiene noticia de una unidad productora de grandes cantidades de aceite de aguacate comestible. No obstante, las principales operaciones involucradas en la refinación del aceite de aguacate se rlan:

a).- Desgomado, que tendría por objetivo retirar las gomas y los fosfátidos comunmente presentes en los aceites vegetales. Esta operación se realiza con anhídrido acético que, además consigue quitar el sabor amargo del aceite. Esta fase se acompleta con la operación de clarificación, utilizando tierra fuller y carbón activado.

b).- Neutralización que consiste en reducir la acidez presente en el aceite crudo.

c).- Clarificación que consiste principalmente en la remoción de pigmentos por medio de tierras clarificantes y carbón activado. Algunos autores sugieren que esta operación sea precedida por un tratamiento del aceite con ácido fosfórico para precipitar la clorofila.

d).- Winterización, la cual consiste en la remoción -

de la fracción compuesta por gliceridos saturados que ocasionan una solidificación parcial del aceite si ocurre una disminución de la temperatura.

Montano, Luh y Smith (1962) refinaron el aceite de -- aguacate con un tratamiento con alcali y decoloración. El procedimiento se siguió en un recipiente con 200 g de aceite a -- una temperatura de 15 a 16°C, se adicionó 3 ml de solución de hidróxido de sodio al 15%, se agitó vigorosamente durante 5 minutos, después se agregó 3 ml. de agua destilada y se continuó la agitación por 5 minutos más. El aceite se calentó a 70°C. y se enfrió durante 20 horas en un baño de agua. La mayor parte del aceite se decantó, y se recobraron los sobrantes por centrifugación. Después se procedió al proceso de decoloración que consistió en calentar el aceite a 80°C y se agregó 3% de tierra blanqueadora (Carbón activado) se agitó vigorosamente. Después de 5 minutos se añadió 0.6% de Carbón Darco, se continuo calentando por 30 minutos hasta alcanzar una temperatura de 115°C. - Se filtro, se enfrió y se almacenó en cámara de nitrógeno a 5°C. Los resultados obtenidos en este proceso fueron los siguientes: La refinación y decoloración disminuyeron el contenido de clorofila, el aceite que inicialmente era verde oscuro, quedo casi sin color, un problema que se presentó es que el tocoferol (vitamina E) contenido en el aceite (antioxidante natural) disminuyó durante el proceso, por lo tanto, es preferible almacenar el



aceite crudo, y aplicar este proceso antes de la comercialización.

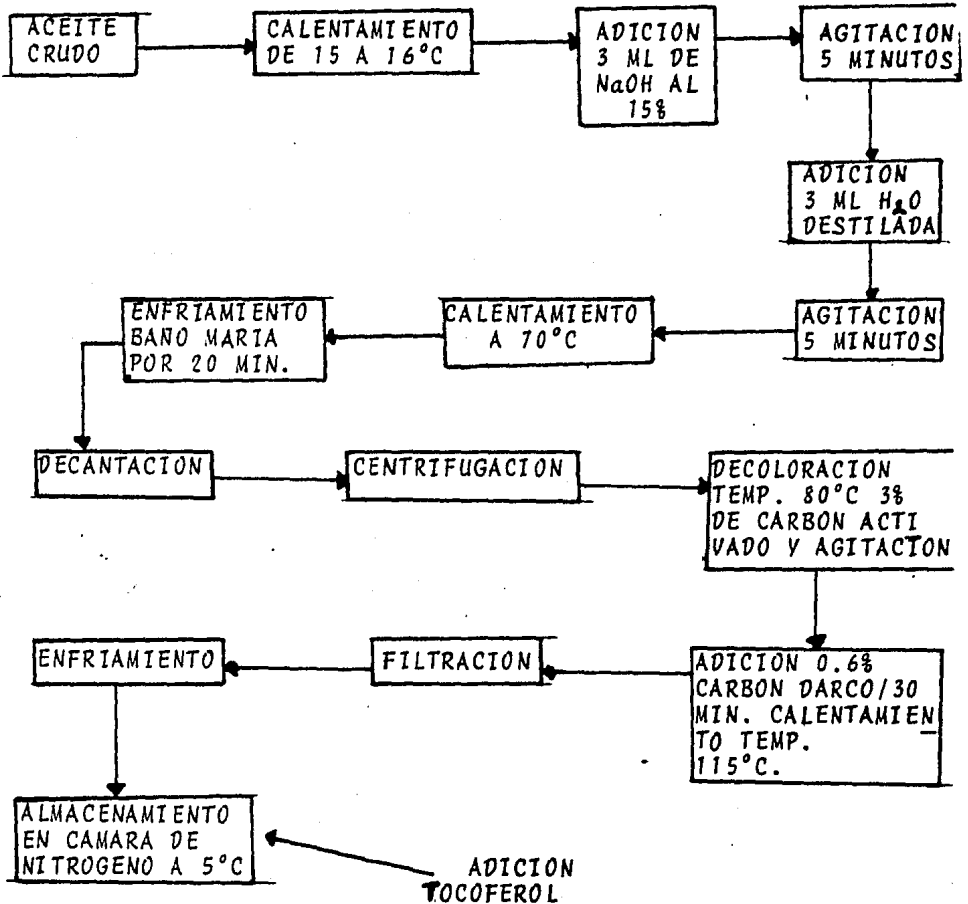
Una alternativa sería mantener el aceite refinado en nitrógeno u otros gases inertes o añadir cantidades apropiadas de antioxidante. La descripción de este proceso se presenta en el diagrama 30.

El contenido de fosfátidos también disminuyó y esto se usa como un criterio de calidad del aceite refinado. Estos tienen usualmente un contenido de fosfátidos casi de 0.10% menos.

Otra técnica de refinamiento es efectuada en 3 etapas la decoloración, desodorización y secado. La decoloración empieza por el calentamiento del aceite de 90 a 100°C, se añade tierra decolorante que dejan actuar con agitación y manteniendo la temperatura, se filtra. El aceite obtenido presenta colores variables desde el verde hasta el ámbar dependiendo de la variedad del fruto.

Una segunda operación igual permite obtener un aceite amarillo claro. La desodorización se efectúa por inyección de vapor dentro del aceite mismo, el tiempo varía dependiendo del olor que se debe eliminar. Los vapores son condensados y mante

DIAGRAMA 30  
REFINACION DEL ACEITE  
DE AGUACATE



ndidos a una presión bastante alta sobre las curvas de desodorización.

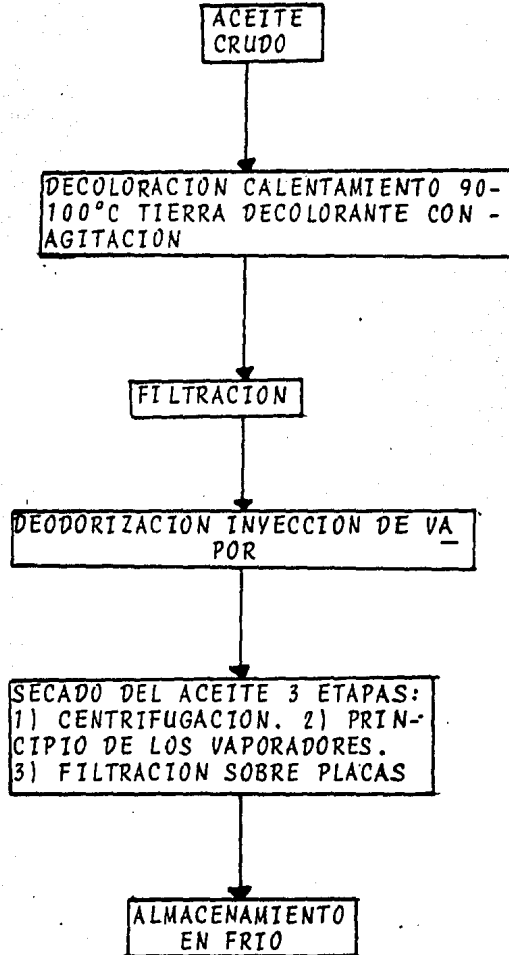
El secado del aceite se hace en 3 fases: La primera elimina grandes cantidades de agua por centrifugación. La segunda utiliza el principio de los vaporadores para extraer el agua sobrante. La tercera, por filtración sobre placa, quita los últimos depositos y da al aceite toda su brillantez.

El aceite de aguacate siendo una mezcla compleja, se observa que los triglicéridos en alto grado de fusión precipitan durante el almacenaje, para esto es necesario eliminarlos por enfriamiento. Diagrama 31.

Se ha demostrado que los malos olores del aceite de aguacate provienen en mayor parte de la fermentación de los desechos vegetales que se encuentran en el aceite crudo antes -- del refinamiento, por medio de cromatografía de gases, las fases vitales presentaron 24 picos principales de los cuales algunos fueron identificados: como el formiato de etanol, acetona, formiato de etilo, eter isopropil etílico (el más importante), butirato de metilo, butirato de etilo y n-butanol. Y al ser refinado se observa la desaparición de la mayor parte de los picos.

En conclusión se puede constatar que este proceso --

DIAGRAMA 31  
REFINACION DEL ACEITE DE  
AGUACATE



elaborado por laboratorios en colaboración con diversos servicios del IFAC Francia citado por Juaubert 1970 dan entera satisfacción.

Otro proceso de refinación propuesto por Mejía A (1977) es el siguiente: La clorofila del aceite crudo es eliminado con la adición de 0.1 ml. de  $H_3PO_4$  por cada litro de aceite. Se decolora y deodoriza con arcilla y vapor respectivamente. La neutralización de este aceite lo hace aceptable para uso comestible. Diagrama 32.

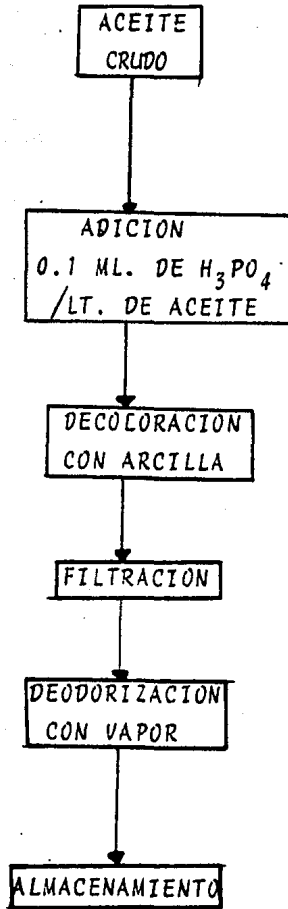
#### 5.1.2.5. Usos y aplicaciones del aceite de aguacate.

El aceite de aguacate presenta ciertas propiedades que lo hacen muy útil para ciertas industrias como son la farmacéutica y la de elaboración de cosméticos y son las siguientes según Leite do Canto y colaboradores (1980).

a).- Fácil absorción por la epidermis. Además de sus propios efectos benéficos, por su excepcional poder de penetración puede servir como vehículo de otras sustancias medicinales que por sí mismas no son fácilmente absorbidas.

b).- Acción benéfica sobre la epidermis. Debido a la presencia de vitaminas A, D, E y otras sustancias, este aceite se recomienda para el tratamiento de pieles secas y descamadas, regenerando a las células de la piel y rejuveneciendo a la epidermis.

## DIAGRAMA 32

REFINAMIENTO DEL  
ACEITE DE AGUACATE

c).- Poder de absorción de la luz. Este aceite posee también ciertas propiedades de absorción de la luz ultravioleta, por lo que se recomienda como ingrediente en la fabricación de lociones y aceites bronceadores.

d).- Poder de absorción de perfumes. Este consigue absorber fácilmente cualquier perfume; lo cual le da grandes ventajas en la fabricación de cosméticos. En Martinica el aceite precisamente se orienta a la venta en crudo para estas industrias.

e).- Efecto tensoactivo. Como se mencionó anteriormente, comparable al de lanolina, su poder tensoactivo es notable y se atribuye a la presencia de fitoesteroles y a su materia insaponificable y además una ventaja que tiene este sobre la lanolina, es que no produce reacciones alérgicas a la piel, como ocurre con esta última.

f).- El aceite de aguacate es un excelente saponificador, generando espuma fina y cremosa, ideal para la fabricación de jabones finos. Por otro lado entre los aceites vegetales, el del aguacate asociado al aceite de soya ofrece un tratamiento eficaz contra la esclerodermis y para las parodontopatías.

La fracción insaponificable del aceite de aguacate posee propiedades de curar algunas afecciones benignas o graves.-

en la piel. Existe en Europa una sola compañía (Expascience--Pharmscience, Courveboi, Francia) que extrae los insaponificables del aceite de aguacate. Esta compañía utiliza esta fracción en sus productos y vende a la industria farmacéutica y de cosméticos una mezcla de fracciones insaponificables de aceite de soya y aguacate (Haendler, 1965).

IFAC estudió y encontró en el extracto del aceite un medicamento "Piascledine" que se utiliza en la inflamación de las encías.

El tratamiento con insaponificables hace desaparecer los dolores y molestias dentales, al igual que la movilidad dental y la gingivorragias.

También se ha visto que la refinación del aceite de aguacate, lo hace apto para ser comestible por lo que, dada su similitud con el aceite de oliva, puede utilizarse para ensaladas u otros usos similares.

#### 5.1.2.6. Utilización de los residuos del aguacate.

A nivel industrial no hay nada reportado con respecto a la utilización de los residuos del aguacate que comprenden, cáscara y hueso.



Por la literatura se conoce la obtención de algunas--  
substancias de acción farmacológicas en el hueso, aunque estas  
investigaciones se encuentran a nivel laboratorio.

El residuo de la pulpa de aguacate que queda al extra  
er el aceite se utiliza en algunos casos para alimentos de ani  
males, pues al hacer un análisis para determinar aminoácidos -  
se encontró que este residuo tenía un rango aproximado de 39 -  
mg/100 g de muestra de metionina y 983 mg/100 g de muestra -  
de ácido glutámico, esto varía según la variedad de que se tra  
ta.

En un futuro puede resultar atractivo para industria-  
lizar integralmente este fruto, asimismo la obtención de enzi--  
mas, inhibidores del crecimiento de las plantas y furfural. -  
Sin embargo, este último evidentemente puede ser obtenido de -  
materias primas más baratas.

## CONCLUSIONES

Desde el punto de vista de producción, en razón a -- que México es el primer productor en cuanto a cantidad a nivel mundial del fruto de aguacate, es importante obtener un método óptimo para su conservación, ya que este producto puede llegar a ser básico en la economía nacional.

Dentro de los sistemas de producción agrícola y las características que presenta el fruto es necesario para su óptima conservación e industrialización conocer lo siguiente: -- Proceso de maduración, bioquímica del oscurecimiento enzimático, condiciones de almacenamiento de las diferentes variedades existentes.

Por lo que se refiere a los tipos de almacenamiento estudiados se encontró que los mejores fueron los de atmósferas controladas y el almacenamiento a bajas presiones (60 mmHg o menos con temperatura de 4.5°C) pero el inconveniente que -- presenta el primer es el alto costo que implica en la tecnología.

Dentro de la conservación del aguacate en fresco, -- Bosquez (1984) consideró casi todos los métodos estudiados, lo cual demuestra que el aguacate sometido a varias formas y con --

condiciones de conservación se mantiene en perfectas condiciones durante un periodo largo de tiempo.

En cuanto a industrialización se concluyó que el proceso de liofilización del aguacate es el más adecuado. En cuanto al sistema por aspersión diseñado por Sanchez (1983) -- fue buena pero hay que optimizar el proceso.

En todos los procesos diseñados la ausencia de oxígeno no se ha mostrado esencial para la estabilidad del producto.

En cuanto a tratamientos térmicos severos estos se vieron inadecuados.

La extracción del aceite es importante, y una de las mejores técnicas para extraerlo es la mencionada por el Instituto de Tecnología de Alimentos de Brasil y Sánchez (1983) que es la extracción por centrifugación en la cual se obtiene un aceite de primera calidad y un rendimiento alto.

Por lo que se refiere a residuos es importante buscar alternativas para aprovecharlos, ya que tanto el hueso como la cáscara en cuanto a composición química los hacen útiles a nivel industrial.

Después del estudio de todos los procesos recopila--

dos sobre la industrialización del aguacate llegamos a la conclusión de que tiene un amplio campo para el desarrollo de nuevas alternativas o perfeccionar las ya existentes para lograr el máximo rendimiento de un producto que puede constituir una de las bases de nuestra riqueza siempre y cuando sea debidamente explotada.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Ahmed, E.; Barmore, CH., *Tropical and subtropical fruits. - Composition, properties and uses*. Editorial AVI publishing company inc. 1<sup>o</sup> Edición pág. 121-156 1980, U.S.A.
- 2.- Alzamora J. Chirife., *Some factors controlling the kinetics of moisture movement during avocado dehydration*. *Journal of food science* Vol. 45 pág. 1649 1980, U.S.A.
- 3.- *Anuario estadístico SARH. 1981 México.*
- 4.- *Anuario FAO de producción* Vol. 37 1983.
- 5.- Apelbaum, A.; Zaubermann, G. *Prolonging storage life of - avocado fruits by subatmospheric pressure*. *Hort. Science* 12 pag. 115-117 1977, U.S.A.
- 6.- Awad, M. *Variation in cellulase content of Fuerte avocado fruit after harvest*. *Hort. Science* 12 pag. 406 (abstract) 1977, U.S.A.
- 7.- Awad, M.; Young, R. *Postharvest variation in cellulase -- polygalacturonase y pectinmethylesterase in avocado (Persea americana mill, cv Fuerte) fruits in relation to respiration and ethylene production*. *Plant Physiol.* Vol. 64 pag. 306-308 1979, U.S.A.

- 8.- Bates, R. Heat induced off flavor in avocado fresh.  
Journal of Food Science vol 35 pag. 478-482 1970, U.S.A
- 9.- Ben-et, G.; Dolev, A.; Tartarsky, C. Compouns contributi  
ng to heat-induced bitter off flavor in avocado.  
Joarnal Food Sci. vol. 38 pag. 546-547 1973, U.S.A.
- 10.- Barger, S.; Luza; Peralta, S. Storage of Fuerte and Hass  
avocados.  
American Society for horticultural Science vol. 22 pag.-  
30-39 1982, U.S.A.
- 11.- Biale, J; Young, R. The avocado pear. Im the biochemis--  
try of fruits and their products.  
(Hulme, AC. Ed.), Academic Press, pag. 1-63. New York, -  
1971, U.S.A.
- 12.- Bosquez, E. Estados de madurez y suceptibilidad al daño-  
por frío de aguacate Persea americana mill variedad Hass  
Tesis de Maestría 1984, CONAFRUT, México.
- 13.- Carvallo, P; Schaffeld, G. Formulaci6n de una pasta de -  
aguacate.  
Alimentos 8 (4) pag. 9-14 1983, Chile.
- 14.- Castro, J. Controlled atmosphere storege of avocados at-

room temperature.

Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos 19 (2) --  
pag. 165-182 1982, Brasil.

- 15.- Chavez, F; Corrales, D. Estudio de la conservación de --  
pulpa del aguacate (*Persea americana* mill) Variedad Fuer  
te.

Tesis Profesional, U.A.CH. 1980, México. ✓

- 16.- Cortes, R.; Gonzalez, S. Estudio de las condiciones quí-  
micas y tecnológicas para una posible industrialización --  
del aguacate.

Agroquímica y Tecnología de alimentos Vol. 11 2 pag. - -  
295-300 1971, Chile.

- 17.- Covarrubias, J. Comportamiento de la pulpa de aguacate -  
(*Persea americana* mill) cv Hass ante diferentes aditivos  
y variación de temperatura.

Tesis profesional U.A.CH. Depto. de Industrias agrícolas  
1984, México.

- 18.- Cruess, W.; Gibson, A; Brekke, J. Avocado products expe-  
riments.

Canner 112 (2) pag. 11-12 1951, U.S.A.

- 19.- Delgado, R. Efecto del intercambio de atmosferas en puré y rebanadas de aguacate.  
Tesis Profesional, Fac. Quimica U.N.A.M. 1983, México.
- 20.- Do Canto, L. Oleo de abacate: extracao, usos e seus mercados atuais no Brasil e no Europa.  
Est. Econ. Alim. Proc. 11 1980, Brasil.
- 21.- Dolendo, A.; Luh, B. Relation of pectic and fatty acid changes to respiration rate during renining of avocado - fruits.  
Journal of Food Science Vol. 31 3 pag. 332-336 1966, -- U.S.A.
- 22.- Dorantes, A. Purificación y estudio de algunas características de la polifenoloxidasa de aguacates. ✓  
Tesis de Maestría I.P.N./E.N.C.B. 1978, México.
- 23.- Dupaigne, P. Une nouvelle specialite pharmaceutique; L'insaponifiable de L'huile D'avocat.  
Fruits vol. 25 12 pag. 915-916 1970, Francia.
- 24.- El mercado del aguacate Documento preliminar I.M.C.E. - ✓  
pag. 62-65 1978, México.
- 25.- El mercado exterior del aguacate.  
Comisión nacional de fruticultura pag. 6-20 nov. 1980, - # 3 México.



- 26.- Ferreira, E. Extraction of avocado oil, using Heat and Additional Water, *ceres*, vol 20 (112) pag. 488-489 1973,- Brasil.
- 27.- Fruits. vol. 33 9 1978, Francia.
- 28.- Garcia. R.; Andrade, J; Rolz. C. Effect of temperature y heating time on the detection of off flavor in avocado -- paste.  
J. Food Sci. 40 pag. 200 1975, U.A.S.
- 29.- Golan, N; Sadovski, A. Evolución del potencial de obscurocimiento en el mesocarpio del aguacate.  
J. Food Sci. 43 pag. 853-855 1977, U.S.A.
- 30.- Gómez, R.; Bates, R. Storage deterioration of freeze-dried-avocado puree and guacamole.  
J. Food Sci. 35 pag. 472-475 1970, U.S.A.
- 31.- Gross, J; Gabai, M. The carotenoids of the avocado pear- (Persea americana), Naval variety.  
J. Food Sci. 37 pag. 589-591 1972, U.S.A.
- 32.- Guerrero, G. Enlatado de aguacate.  
Tesis Profesional Fac. Química U.N.A.M. 1976, México.

- 33.- Haendler, L. L'huile D'avocado et les produits dérivés -  
du fruit.  
Fruits. vol. 20 11 pag. 625-633 1965, Francia.
- 34.- Hernandez, G. Liofilización de alimentos.  
Tesis Profesional Fac. Química U.N.A.M. 1977, México.
- 35.- Información Agropecuaria y Forestal. Subsecretaría de -  
Agricultura y operación. Dirección General de Economía-  
Agrícola. SARH. 1984, México.
- 36.- Jaubert, J. Une nouvelle technique de preparation et de-  
raffinage de L'huile D'avocat.  
Fruits. vol. 25 4 s/pag. 1970, Francia.
- 37.- Karmelic, J; Rubio, T. Simulation of shipping of irradia  
ted avocados.  
Alimentos 8 (3) pag. 36-40 1983, Chile.
- 38.- Kegen, M. Ceballos, J. Preservation of Fuerte avocados -  
by means of chemical additives and low temperature.  
Investigación agrícola 6 (1) pag. 33-38 1983, México.
- 39.- Knapp, F. Some characteristics of eggplant and avocado -  
polyphenolases.  
J. Food Sci. 30 pag. 930-936 1965, U.S.A.

- 40.- Lee, S. Maturity studies of avocado (*Persea americana* -- mill) fruits in California. Dissertation abstracts international 42 (12) pag. 4639 1982, U.S.A.
- 41.- Lewis, C. The oil content mesocarp of avocado. *Journal of the Science of Food and agriculture* 29 (11) - pag. 943-949 1978, U.S.A.
- 42.- Lime, B. Preparation and storage studies of freeze-dried avocado salad. *Food Tecnology* 32 pag. 317-320 1969, U.S.A.
- 43.- Lime, B. Autooxidation of fatty lipids and carotene of - freeze-dried avocado salad. *Food technology* 23 pag. 569-572 1969, U.S.A.
- 44.- Lutz, G; Hardenburg, P. the commercial storoge of fruits vegetable and florist and nursery stocks, U.S. Dep. Agric- Handbk 66 1968, U.S.A.
- 45.- Lladser, J.; Piñaga, F. Criodeshidratación de aguacate - I. Estudios sobre el comportamiento entéctico e higroscó pico del aguacate liofilizado y ensayado de almacenamien to acelerado del mismo. *Agroquímica y Tecnología de Alimentos* pag. 547-559 1975, España.

- 46.- Lloyd, M; Smith, L; Winter, F. Preservation by Freon freezing avocado.  
California avocado society year book pag. 79-83 1970, --  
U.S.A.
- 47.- Macfie, G; Stahl, A. Utilization of cull avocados Proc. --  
Fla. State Hortic. Soc. 68 pag. 136-138 1955, U.S.A.
- 48.- Mazliak, P. Fatty acid composition of different regions -  
of the fruit. Fruits vol. 20 pag. 49-57 1965, Francia.
- 49.- Mazliak, P. Avocado lipid constituents.  
Fruits vol. 26 pag. 615-623 1971, Francia.
- 50.- Montano, G.; Luh, B; Smith, L. Extraction and refining -  
avocado oil.  
Food Technology 24 pag. 96-99 1962, U.S.A.
- 51.- Mejía, A. La conservación e industrialización del aguacate. Selección y perspectivas de la producción de aguacate en México.  
FIRA Banco de México S.A. División de planeación pag. - -  
62-68 1977, México.
- 52.- Nolan, A. New ideas for avocados.  
Food Engineering 55 (1) pag. 62 1983, U.S.A.

- 53.- Rodríguez, M. Extracción e inhibición química de las fenolosas del aguacate.  
Tesis de maestría I.P.N/E.N.C.B. 1973, México.
- 54.- Rolz, C. Daños por frío en la calidad de los frutos durante su almacenamiento.  
Proceeding of the tropical region american society for Horticultural Science vol. 17 pág. 82-83 1973, U.S.A.
- 55.- Ruchle, G. La Industria del aguacate.  
Centro regional de ayuda técnica Universidad de Florida  
1ª Edición en Español 1974, U.S.A.
- 56.- Sadir, R, Avocado oil: extraction technology e industrialization of residuos.  
Delle Sostange Grosse 49 (2) pág. 90-93 1972, Italia.
- 57.- Sánchez, C. Contribución a la solución de la problemática de industrialización del aguacate.  
Tesis de Maestría CONAFRUT 1983, México.
- 58.- Asociación de aguacateros del Estado de Michoacán. Ante proyecto para el aprovechamiento industrial del aguacate en el Estado de Michoacán 1980. México.

- 59.- Spalding, D.; Reeder, W. Low pressure (hypobaric) storage of avocados.  
Horticultural Science 11 pag. 491-492 1976, U.S.A.
- 60.- Spalding, D. Reeder, W. Low oxygen and high carbon dioxide controlled atmosphere storage for control of anthracnose and chilling injury of avocado.  
Phytopathology 65 pag. 458-460. 1975, U.S.A.
- 61.- Stephens, T; Lime, B.; Griffiths, F. Preparation of a -- frozen avocado mixture for guacamole. Hortic. Soc. 11 -- pag. 82-89, 1957, U.S.A.
- 62.- Stephens, T.; Lime, B.; Griffiths, F. the effect of thickening agents in reducing the watery separation of frozen and thamed guacamole products. Hortic. Soc. 12 pag.- 81-87. 1958, U.S.A.
- 63.- Tango y Colaboradores. Composition of fruit oil of different varieties of avocados grown in San Paolo.  
Fruits vol. 27 pag. 143-146. 1972, Francia.
- 64.- Thiers, H. L'huile d'avocado et son insaponifiable en -- cosmétologie et en therapeutique dermatologique on medicale.  
Fruits vol. 26 2 pag. 133-136. 1971, Francia.

- 65.- Vakis, N. Storage behaviour of Ettinger, Fuerte and Hass avocados grown on mexican rootstock.  
*Journal of horticultural Science* 57 (2) pag. 221-220 - -  
1982, U.S.A. .
- 66.- Young, R.; Romam, R.; Biale, J. Carbon dioxide effect -  
on fruit respiration II Respouse of avocados, bananas --  
and lemons. *Plaut. Physiol.* 37 pag. 416-422, 1962, U.S.A.
- 67.- Zaubermann, G.; Scheffmann, N. Respiration of whole - --  
fruit and seed of avocado at variaus stoges of develop--  
ment. *J. am. soc. hortic. Sci.* 97 pag: 313-315. 1972, -  
U.S.A.