



18 300627  
2ej<sup>a</sup>  
**UNIVERSIDAD LA SALLE**

**ESCUELA DE QUIMICA  
INCORPORADA A LA U.N.A.M.**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**EFECTO DEL PROCESAMIENTO SOBRE LOS  
COMPONENTES DEL SABOR DEL JUGO DE  
NARANJA**

**TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**QUIMICO FARMACEUTICO BILOGO**

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

**LUZ CECILIA MAINOU MARTIN DEL CAMPO**

**DIRECTORA DE LA TESIS:**

**DRA. RUBY NICKEL DE CASTREJON**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

# INDICE

	Páginas.
INTRODUCCION	1-2
OBJETIVOS	3
<u>CAPITULO 1. GENERALIDADES.</u>	
1.1 Definición del sabor.....	5
1.2 Definición del gusto.....	6
1.3 Definición de Aroma.....	7
1.4 Otros factores que intervienen en la sensación del sabor.....	9
1.5 Consideraciones sobre el sabor de las frutas.....	9
<u>CAPITULO 2. COMPONENTES DEL GUSTO Y TEXTURA DEL JUGO DE NARANJA.</u>	
2.1 El gusto dulce.....	12
2.2 El gusto ácido.....	13
2.3 El gusto amargo.....	13
2.3.1 Flavonoides.....	14
2.3.2 Limonina.....	15
2.3.2.1 El precursor de la limonina.....	16
2.3.2.2 Aspectos Sensoriales.....	17
2.4 Estudios para controlar el gusto amargo del jugo.....	17
2.4.1 Precipitación.....	17
2.4.2 Adsorción.....	18
2.4.3 Métodos enzimáticos.....	19
2.5 La textura del jugo de naranja.....	20
2.5.1 Las sustancias pécticas del jugo de naranja.....	22

2.5.2 Enzimas pecticas de la naranja.....	23
---	----

CAPITULO 3. EL AROMA DEL JUGO DE NARANJA.

3.1 Métodos de análisis de la fracción volátil.....	26
3.1.1 Análisis sensorial.....	28
3.1.2 Análisis químicos.....	29
3.1.3 Análisis del espacio de cabeza.....	31
3.1.3.1 Método de inyección directa.....	33
3.1.3.2 Análisis del espacio de cabeza con concentración previa.....	34
3.1.4 Análisis de volátiles totales.....	36
3.1.4.1 Destilación.....	36
3.1.4.2 Extracción directa.....	39
3.2 Componentes de la fracción volátil del jugo de naranja.....	41
3.3 Aporte al aroma de los componentes de la frac- ción volátil del jugo de naranja.....	47

CAPITULO 4. EL PROCESO DEL JUGO DE NARANJA.

4.1 Estructura de la naranja.....	53
4.2 Preparación de la fruta para el procesamiento.....	54
4.3 Extracción y terminado.....	55
4.3.1 Extractor FMC.....	56
4.3.2 Extractor Brawn.....	57
4.3.3 Terminado.....	58
4.4 Mezclado.....	58
4.5 Jugo de naranja de concentración simple.....	59
4.5.1 Eliminación de aceite.....	59
4.5.2 Deaeración.....	61

4.5.3	Pasteurización.....	61
4.5.4	Envasado.....	62
4.5.4.1	Envasado en caliente.....	62
4.5.4.2	Envasado aséptico.....	63
4.5.4.3	Comparación del proceso de envasado en caliente y del envasado aséptico.....	64
4.6	Jugo de naranja concentrado congelado.....	66
4.6.1	Evaporación.....	68
4.6.1.1	Evaporador de Película Descendente.....	68
4.6.1.2	Evaporador de ciclos.....	68
4.6.1.3	Evaporador de alta temperatura corto tiempo (TASTE).....	69
4.6.1.4	Cuidado y limpieza de los evaporadores.....	70
4.6.2	Preparación del jugo "cut-back".....	70
4.6.3	Recuperación de aromas.....	71
4.6.3.1	Recuperación de esencias.....	71
4.6.3.2	Aceite esencial de naranja.....	76
4.6.3.3	Origenes de nuevos sabores.....	78
4.6.4	Congelamiento del concentrado.....	79
4.7	Jugos deshidratados.....	80
4.7.1	Secado al vacío.....	80
4.7.2	Liofilización.....	81
4.7.3	Secado por espuma.....	81
4.7.4	El sabor del jugo de naranja deshidratado....	84

**CAPITULO 5. CAMBIOS EN EL SABOR DEL JUGO DE NARANJA DURANTE EL PROCESAMIENTO Y ALMACENAMIENTO**

5.1	Alteraciones de la fracción volátil del jugo de naranja.....	87
-----	--	----

5.1.1	Alteraciones en jugos enlatados o envasados en caliente.....	87
5.1.2	Alteraciones de jugos envasados asépticamente en botellas de vidrio y empaques de cartón.....	88
5.1.2.1	Cambios durante el llenado del envase.....	88
5.1.2.3	Cambios del aroma durante el almacenamiento.....	89
5.1.3	Alteraciones en el jugo pasteurizado.....	92
5.1.4	Alteraciones en el jugo concentrado congelado.....	93
5.1.5	Formación de los compuestos de aroma secundarios o componentes del sabor extraño.....	95
5.1.5.1	Reacciones de deshidratación-hidratación ácido-catalíticas.....	95
5.1.5.2	Procesos oxidativos.....	95
5.1.6	Contribución a los sabores extraños de los volátiles del jugo de naranja.....	97
5.2	Formación de sabores extraños a partir de componentes no volátiles.....	99
5.2.1	Papel de los lípidos.....	99
5.2.2	Actividad enzimática.....	100
5.2.3	Crecimiento microbiano.....	101
5.2.4	Degradación del ácido ascórbico.....	102
5.2.5	Reacciones de Maillard.....	104
	RECOMENDACIONES.....	107
	CONCLUSIONES.....	114
	BIBLIOGRAFIA.....	116

## INTRODUCCION

El sabor se reconoce como uno de los atributos de calidad más importantes en los alimentos, ya que la especie humana, al igual que otras especies animales, seleccionan su alimentación, desde los tiempos más remotos, tanto por su aspecto visual, como por la sensación agradable o desagradable producida en los órganos receptores del olor y del sabor.

El sabor de cualquier alimento o bebida es dependiente de todos sus componentes y de la naturaleza del proceso en que se involucra. Por lo tanto, es esencial un conocimiento de los componentes de un alimento, así como de su procesamiento.

Por sus características completas de sabor, varias frutas y vegetales son deliciosos cuando se consumen frescos, pero al ser procesados, el sabor resultante es poco aceptado en comparación al de la fruta fresca.

Las frutas almacenadas tienen un perfil de sabor completamente distinto al de la fruta fresca, además, por efecto de la temperatura este cambia nuevamente. El conocimiento de estos diferentes perfiles es de gran importancia en la elaboración de productos alimenticios.

Los sabores naturales que no son familiares al consumidor son rechazados por éste.

Existe una fuerte dirección hacia los sabores naturales en -  
bebidas. Los jugos muestran un incremento estadístico en popula-  
ridad, especialmente el de naranja.

El sabor del jugo de naranja ha sido y continúa siendo obje-  
to de gran atención, debido a que se trata no sólo de uno de los  
jugos de mayor consumo mundial, sino a que la producción se des-  
tina fundamentalmente a elaborar concentrados por evaporación, -  
proceso durante el cual se pierden los aromas.



## OBJETIVOS:

### Objetivo General:

El presente trabajo tiene como objetivo fundamental recopilar información acerca de los componentes del jugo de naranja y explicar la naturaleza de los cambios de sabor que ocurren durante el procesamiento y almacenamiento del mismo.

Con esto se logrará colaborar para que en el futuro se elaboren productos con atributos de sabor lo más naturales posible y que sean agradables al consumidor.

### Objetivos Específicos:

- 1.- Realizar un estudio bibliográfico sobre los componentes que imparten y afectan al sabor del jugo de naranja.
- 2.- Realizar un estudio bibliográfico de los diferentes procesos que se utilizan para elaborar jugo de naranja.
- 3.- Realizar un estudio de los cambios que sufren los componentes del sabor del jugo de naranja en los diferentes procesos.
- 4.- Hacer recomendaciones para que en los diferentes procesos se evite la degradación del sabor del jugo de naranja.
- 5.- Ofrecer a los fabricantes de jugo de naranja procesado alternativas para que pueda elaborar productos procesados con una calidad de sabor muy similar a la del jugo de naranja fresco.

**CAPITULO 1.**  
**GENERALIDADES.**

El sabor es una sensación compleja y sutil que es causa del deleite de los alimentos por el hombre. Tanto para el gran conocedor como para el hombre ordinario, el sabor es de primordial importancia en la regulación de sus preferencias.

Sin embargo, este atributo de calidad tardó mucho tiempo en ser analizado científicamente y su definición es complicada debido al mal uso popular de las palabras: sabor, aroma y gusto.

La definición del término sabor se complica aún más debido a la traducción imprecisa de las palabras anglosajonas "flavor" y "taste" que, en ocasiones, se traducen indistintamente como sabor, siendo que no tienen el mismo significado.

#### 1.1 DEFINICION DE SABOR.

El sabor es una compleja apreciación de las sensaciones percibidas siempre que se consume un alimento o bebida. A través de los años se han hecho varios intentos para definir el sabor en términos precisos. En 1969, la U.S. Society of Flavor Chemists ha propuesto la siguiente definición:

"El sabor es la sensación causada por las propiedades de cualquier sustancia introducida en la boca y que estimula uno o varios de los sentidos del gusto, olfato y los receptores del dolor y táctiles que hay en la boca" (44).

Meyer, en 1975, propone que la completa sensación del sabor es una combinación del gusto (detectado en las papilas gustativas) aroma (detectado en la membrana nasal) y textura (detectada en los receptores táctiles de la boca) (78).

## 1.2 DEFINICION DEL GUSTO.

La sensación del gusto se detecta cuando una solución o partículas disueltas en la saliva se ponen en contacto con las papilas gustativas (78).

La teoría aceptada relata que 4 gustos primarios pueden ser detectados: dulce, ácido, amargo y salado (32, 44, 78).

La introspectiva de los datos que soportaron la clasificación de sabores primarios en 4 categorías, motivaron la investigación de fibras nerviosas específicas y de estructuras químicas particulares que podrían ser asociadas con cada sabor específico. No se han encontrado fibras nerviosas específicas para cada gusto, y en cuanto a las estructuras químicas no hay resultados muy definidos.

El gusto salado es una propiedad de los electrolitos, particularmente de los haluros. Se han detectado en orden decreciente de salinidad los siguientes iones:  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{SO}_4^{--}$ , y  $\text{NO}_3^-$ .

Algunas sales también dan sabor amargo. Las sales con cationes de bajo peso molecular como las de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Li}^+$  y  $\text{NH}_4^+$ , dan un gusto salado exclusivamente, en cambio, las sales con cationes de alto peso molecular como las de  $\text{Ca}^{++}$ , y  $\text{Mg}^{++}$  tienen un considerable gusto amargo (32,78).

El gusto ácido es el mejor definido, puesto que depende, principalmente, de la concentración de iones hidrógeno (32,78).

Los gustos dulce y amargo, en cambio, son propiedad de muy diversas clases de sustancias. El gusto dulce es típico de los carbohidratos, sin embargo, sustancias con estructura muy diferente

tienen también gusto dulce. El gusto amargo se da también por diversas sustancias, como los alcaloides, las sales de iodo y el ácido pítrico.

Las generalizaciones que se han dado para las estructuras químicas que dan los gustos dulce y amargo son tentativas, debido a que éstos cambian con diferentes concentraciones y temperaturas (32).

En 1969, Shallenberger, Acree y Lee sugieren que los gustos dulce y amargo dependen del grado en que ciertos grupos químicos pueden formar puentes de hidrógeno. En su teoría, mencionan que la dulzura de una molécula depende de grupos AH-B, donde AH es un donador de protones y B un aceptor de protones. Dependiendo de la distancia entre los grupos AH y B, los enlaces intermoleculares pueden o no formarse. En una distancia de 0.15 nm se forman los enlaces y se da un sabor amargo; si los grupos se encuentran relativamente apartados, en el orden de 0.3 nm, no se forma el enlace y no existe cambio en el sabor dulce (4).

### 1.3 DEFINICION DE AROMA.

El aroma puede definirse como la impresión recibida por el órgano olfatorio durante la degustación de un alimento o bebida (4).

La primera condición de todo compuesto aromático es su volatilidad, que ha de ser suficiente como para asegurar su presencia en el aire circundante a los órganos sensibles en la proporción mínima para ser detectada (4, 32, 44).

Estas características distinguen a las sustancias olorosas de las sustancias que pueden ser gustadas, ya que estas últimas

suelen ser poco volátiles y deben disolverse para ser apreciadas.

El aroma y el gusto son, sin embargo, sensaciones estrechamente relacionadas, ya que se perciben conjuntamente en el curso de la degustación de un alimento (4, 48, 77).

El aroma, incluso, tiene más importancia que el gusto en el conjunto de la sensación del sabor, ya que el órgano olfatorio está compuesto por millones de receptores, frente a los miles que constituyen el órgano gustativo y existe mayor número de olores - que de gustos diferentes (4,32).

El proceso olfativo tiene lugar cuando las moléculas de la sustancia olorosa toman contacto, tras ser absorbidas, a través de la mucosa nasal, con los receptores olfatorios. Estos sufren una alteración en su pared celular que afecta la permeabilidad con respecto a los iones sodio y potasio, produciéndose un cambio en el potencial eléctrico que inicia el impulso nervioso - transmitido al cerebro (1,2).

Los receptores olfatorios tienen una escasa habilidad para apreciar las diferencias de intensidad de un mismo estímulo, frente a su habilidad para distinguir estímulos distintos (44).

Se han desarrollado muchas teorías para explicar el mecanismo de interacción entre la molécula olorosa y el órgano receptivo, la más aceptada es la interpretación estereoquímica de Amoore. Este autor relaciona empíricamente las características aromáticas de un compuesto con la forma, tamaño y el estado electrónico de sus moléculas y postula que la sensibilidad de los receptores se debe a que poseen formas, tamaños y estados electrónicos complementarios a los de dichas moléculas (4).

Es de destacar que, en las series homólogas de grupos funcionales de sustancias con un olor específico debido a un determinado grupo, la especificidad de dicho aroma disminuye al aumentar el peso molecular, a pesar que la intensidad aromática crece (3). Sin embargo para pesos moleculares altos, las sustancias suelen carecer de olor debido a su baja volatilidad (4).

#### 1.4 OTROS FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA SENSACION DEL SABOR.

Otras sensaciones que influyen en el perfil total del sabor y sus efectos son los de astringencia, pungencia y temperatura.

Las sensaciones de astringencia y pungencia se dan debido a que algunos compuestos no solamente estimulan las terminaciones olfatorias, sino también al nervio trigeminal.

La textura de un alimento es también parte de la sensación del sabor, con lo que podemos distinguir si un alimento es suave o áspero, duro o blando, adherente (cuando se queda pegado a la lengua) o acuoso (cuando se desplaza rápidamente).

Lo que se conoce popularmente como "resabio" es una cualidad que se siente después de que las partículas de un alimento se han tragado. En esta sensación la textura tiene una importancia específica debido a pequeñas cantidades de partículas remanentes en la boca y en los dientes (78).

#### 1.5 CONSIDERACIONES SOBRE EL SABOR DE LAS FRUTAS.

El sabor en las frutas depende de complejas combinaciones de sustancias químicas producidas en los tejidos de las mismas durante su crecimiento normal.

Considerables investigaciones se dirigen a la separación e identificación de las sustancias químicas responsables. Un problema importante es la necesidad de establecer correlaciones entre medi-

das objetivas y subjetivas de la relativa contribución de cada componente en el perfil completo (48). Esto se complica aún más por la ausencia de un lenguaje comprensivo y universal para dar buenas descripciones de los atributos aromáticos de los compuestos químicos aislados y caracterizados.

El sabor de una fruta, o de cualquier producto natural, se puede clasificar de la siguiente manera:

a.- Sabores no presentes por sí mismos en el producto natural, que pueden ser desarrollados por calentamiento o por acción enzimática en frío.

b.- Sabores presentes en el producto natural (48).

Es también necesario considerar que existe una correlación entre el contenido de acidez y el sabor de las frutas maduras. El sabor, usualmente desarrolla su máximo aroma cuando el contenido de azúcares es el máximo y el color de la cáscara adquiere su máximo tono. Cuando la fruta se pudre, el color se torna mate, los azúcares son viscosos y se pierden volátiles (60).

El jugo extraído no contiene el sabor de la fruta entera. Sólo una mezcla de jugo extraído, exprimido y de compuestos aromáticos del resto de la fruta, pueden producir un sabor que imparta al jugo el de la fruta entera (48, 60).



**CAPITULO 2**  
**COMPONENTES DEL GUSTO Y TEXTURA**  
**DEL JUGO DE NARANJA**

En el jugo de naranja hay sustancias que le confieren el gusto dulce y ácido, las cuales son deseables al consumidor. La proporción de éstos es muy importante para la aceptación del sabor del jugo y depende primordialmente de la variedad y madurez de la fruta.

Las investigaciones recientes referentes al gusto del jugo de naranja se enfocan principalmente al gusto amargo y su eliminación, ya que éste es indeseable en los productos procesados.

### 2.1 EL GUSTO DULCE.

En el jugo de naranja el gusto dulce lo confieren los azúcares glucosa, fructosa y sacarosa (14,35).

Otros azúcares como la galactosa, heptulosas y manosas se encuentran en el jugo en cantidades muy pequeñas y no contribuyen al sabor del mismo (120).

Por cromatografía de intercambio iónico, se determinó que en las naranjas Valencia la sacarosa, glucosa y fructosa se encuentran en una proporción de 2:1:1 respectivamente. Esta relación se conserva aproximadamente en las variedades de naranja dulce (24).

Para definir el grado de dulzura de una sustancia, se le asigna a la sacarosa el valor de 100, en base a este valor se asignan números a las otras sustancias de acuerdo a su poder edulcorante. De acuerdo a esta escala la D-glucosa tiene un valor de 74 y la D-fructosa de 173 (41).

La cantidad de azúcares en la fruta se incrementa al madurar ésta y también al aumentar la temperatura ambiente, debido a que se incrementan los procesos de respiración (110).

## 2.2 EL GUSTO ACIDO.

En el jugo de naranja se encuentran presentes los siguientes ácidos: cítrico, málico, oxálico, succínico, quínico, láctico, tartárico, edípico, benzoico, ascórbico y 2-cetoglutarico (31).

La concentración de los principales ácidos en el jugo de naranja (en g/l) es la siguiente:

Cítrico	0.12-1.55
Málico	0.06-0.31
Succínico	0.02-1.57
Malónico	0 -0.09

Los demás ácidos se encuentran en muy baja concentración por lo que prácticamente no contribuyen al gusto ácido del jugo (36, 49).

El gusto ácido es directamente proporcional a la acidez titulable, por lo que es la característica del sabor de más fácil evaluación.

En el jugo de naranja el ácido cítrico, por ser el que se encuentra en mayor proporción, es el principal responsable de el gusto ácido. Este ácido disminuye cuando la fruta madura (14,22).

## 2.3 EL GUSTO AMARGO.

Podemos clasificar el gusto amargo del jugo de naranja en dos:

- 1) El que permanece igual en la fruta entera y en el jugo (a través del tiempo)
- 2) El que se desarrolla con el tiempo en el jugo y que no existe en la fruta entera.

El primer tipo está dado por los flavonoides y el segundo tipo está dado por la limonina (28).

### 2.3.1. Flavonoides.

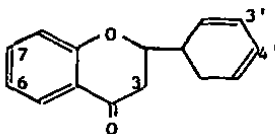
Algunos flavonoides, que usualmente se encuentran en el jugo en forma de glucósidos, tienen un gusto amargo (36).

La neohesperidina confiere a la naranja Sevilla un gusto fuertemente amargo, por lo que no es utilizada para la elaboración del jugo comercial.

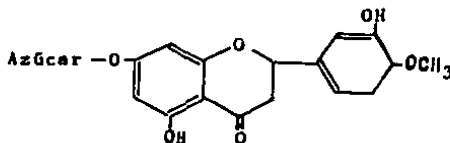
Generalmente, en las variedades que se utilizan comercialmente para la elaboración de jugo, los flavonoides se encuentran en concentraciones muy bajas que no son detectadas por el paladar, - sin embargo estas sustancias confieren efectos de interés antes en el gusto (109).

Guedani, en 1976, demostró que la neodosmina incrementa el umbral de detección de otras sustancias amargas (como la limonina). Esto probablemente se deba a que la neodosmina compite con la limonina en los sitios receptores del gusto amargo en la lengua (36).

#### Fórmula I. NOMENCLATURA DE FLAVONAS (123).

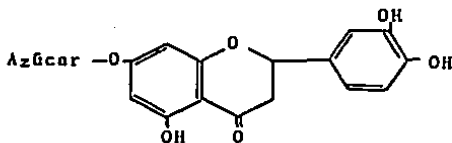


#### FLAVANONGLICOSIDOS DE LA NARANJA. (123).

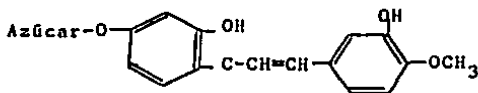


#### Fórmula II. HESPERIDINA.

Fórmula III.  
ERIODICTINA



Fórmula IV.  
HESPERIDIN-  
CHALCONA.



### 2.3.2 Limonina.

Se ha observado que en el jugo de ciertas variedades de naranjas se desarrolla un sabor amargo que no se encuentra en el jugo fresco y que se incrementa después de unas horas en almacenamiento.

Este desarrollo gradual del gusto amargo es causado por la limonina y es diferente del causado por los flavonoides, ya que no está en la fruta entera.(28).

En la naranja dulce (*C. Sinensis*) no ocurre el sabor amargo por flavonoides, en cambio la limonina existe en todas las especies, aunque no siempre en grandes cantidades. En las naranjas Navel y Shamouti, la limonina se encuentra en mayores proporciones por lo que producen jugos amargos, sin embargo la limonina puede presentarse en todos los jugos de naranja (3).

La estructura de la limonina se dilucidó en 1965 (131).

Fórmula V.  
LIMONINA.

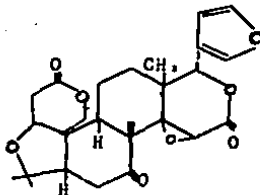


TABLA I. CONTENIDO DE LIMONINA EN JUGO DE NARANJA.

Variiedad	Limonina en ppm
Hamlin	1.5-6.6
Marrs	1.6-5.4
Murcott	9.4-19
Navel	4-42
Page	1-2
Satsuma	0
Temple	3-4
Valencia	1-7
Shamouti	23-27

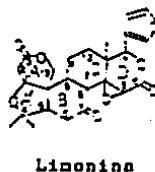
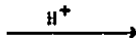
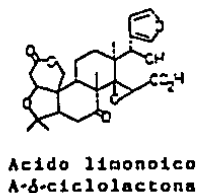
### 2.3.2.1 El precursor de la limonina.

Highby, en 1941, propuso la teoría de que un precursor no aromático de la limonina se encontraba en los tejidos de la naranja y que al exprimir el jugo se convertía lentamente en limonina (29).

Este precursor es el ácido limonoico  $\delta$ -ciclolactona y se encuentra en la membrana capilar y tejidos del albedo, en las naranjas Navel y en las semillas de las naranjas Valencia (28).

El contenido de este precursor aumenta durante el crecimiento de la fruta y disminuye durante la maduración.

Cuando se exprime la naranja éste pasa al jugo y debido a la acidez del mismo se forma la limonina (16).



En la naranja Navel el desarrollo de el sabor amargo es muy rápido, lo que sugiere la presencia de una enzima que cataliza la reacción. Esta enzima es la limonoato deshidrogenasa y se encuentra en las semillas (28).

#### 2.3.3.2 Aspectos Sensoriales.

Guadani et al, en 1973, dieron los valores umbral para la detección del sabor amargo de la limonina. Estos valores son de 0.075 a 5 ppm para la limonina en agua y de 0.5 a 32 ppm para la limonina en jugo de naranja (41).

Las diferencias de estos valores se deben a la sensibilidad del catador y a que la acidez y dulzura influyen en la detección del sabor amargo.

La adición de sacarosa aumenta el valor umbral de detección de la limonina (se suprime el gusto amargo) y el efecto de la acidez es aún más pronunciado. A concentraciones bajas de ácido cítrico el umbral disminuye al aumentar la acidez, pero a concentraciones altas de ácido cítrico el ácido interfiere en la detección del sabor amargo (1).

#### 2.4 Estudios para controlar el gusto amargo del jugo.

##### 2.4.1 Precipitación.

Chadler, en 1971, observó que la sacarosa y la pectina incrementan la solubilización de la limonina en agua caliente, al enfriarse estas sustancias precipitan junto con la limonina (28).

En jugos largamente almacenados el sabor amargo disminuye por la precipitación de la pectina.

El jugo de naranja clarificado no es aceptable al consumidor por lo que se hace una precipitación con un sistema enzimático alto en pectinestearasa y bajo en poligalactouronasa (25).

Chandler, en 1983, utilizando este sistema de enzimas para eliminar el sabor amargo del jugo de naranja propone que los factores que afectan la solubilidad de la limonina varían de jugo a jugo. En su trabajo concluye que existen otras reacciones que están involucradas en la conversión del precursor a limonina y que para dichas reacciones tiene mayor importancia la acción de las enzimas pécicas endógenas del jugo antes de ser pasteurizado que la acción de enzimas pécicas que se adicionan al jugo (Extraídas de hongos) después de la pasteurización (27).

#### 2.4.2 Adsorción.

Griffing, 1979, dió un método para adsorber limonina y flavonoides amargos con resinas de poliamida y polivinilpirrolidona pero se adsorve también el ácido ascórbico (25).

En 1974, Chandler y Johnson, observaron que los ésteres de celulosa tales como acetato de celulosa y triacetato de celulosa en polvo o gel son buenos adsorventes de limonina (27).

Para utilizar el acetato de celulosa en polvo hay que centrifugar el jugo y remover la limonina del suero, en cambio el gel se puede utilizar directamente en el jugo. (56).

Johnson, en 1982, utilizó una columna en gel de acetato de celulosa a temperatura ambiente con la cual se remueve el 55% de la limonina y el 12% de los flavonoides (55).

Scav y colaboradores, en 1984, utilizaron un polímero de beta ciclo dextrina para remover la limonina (1g de polímero por 50 ml de jugo). El polímero se regenera con agua y elimina el 50% de la limonina y la nomilina (115).



### 2.4.3 Métodos Enzimáticos.

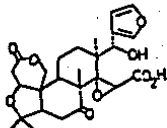
Los métodos enzimáticos para eliminar el sabor amargo del jugo de naranja se pueden categorizar en:

- 1) Primarios.- Cuando son enzimas que atacan directamente el ácido limónico A delta ciclo-lactona o la limonina, convirtiéndolos en compuestos estables no amargos.
- 2) Secundarios.- Cuando las enzimas atacan otros constituyentes del jugo, que al cambiar sus propiedades, resulta en una fácil remoción de la limonina.

Chandler, en 1971, reportó enzimas presentes en el albedo\* de la naranja que pueden degradar a la limonina.

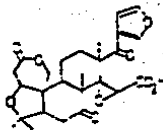
Debido a que no se ha demostrado que en el albedo existan enzimas que ataquen directamente a la limonina, probablemente se trata de enzimas pecticas que quitan el sabor amargo como un efecto secundario (28).

Hasegawa, en 1972, reportó una limonato deshidrogenasa de *Arthrobacter globiformis*, que convierte el ácido limónico A delta ciclolactona en ácido 17 dehidrolimónico A deltalactona, previniendo la formación de limonina. Esta enzima tiene muy baja actividad a pH bajo (47).



Acido limónico A $\delta$   
ciclolactona

limonato  
deshidrogenasa



Acido 17 dehidroli-  
mónico A $\delta$  lactona.

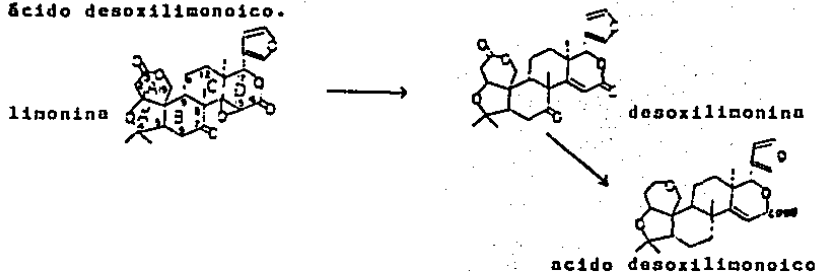
Hasegawa, en 1974, aisló una enzima de *Pseudomonas* sp. que es estable a pH bajo y que requiere de un cofactor aceptor de hidrógeno (47).

\*Parte interior blanca y esponjosa de la cáscara de la naranja.

El jugo de naranja contiene  $\text{NAD}^{\circ}$  y  $\text{NADP}^{\circ}$  y se puede utilizar una enzima que regrese los cofactores a su forma oxidada para reciclar los cofactores .

Vaks y Lifshitz, en 1981, describen un método en donde se usan bacterias *Acinobacter sp* en un saco de diálisis para remover la limonina (126).

En este caso la limonina pasa a desoxilimonina y después al ácido desoxilimonico.



En 1982 se perfeccionaron los métodos de utilización de las enzimas de *Arthrobacter globiformis*, utilizando las bacterias completas inmovilizadas en un gel de acrilamida (47).

### 2.5 La textura del jugo de naranja.

La textura del jugo de naranja se compone en su mayoría de células de las vesículas del jugo que se desintegran mecánicamente del tejido estructural, e incluye pequeñas porciones de bagazo y pulpa que constituyen una porción de los sólidos del jugo y están íntimamente asociados a las capas de lipoproteína (61).

Es muy importante para la calidad del jugo de naranja el contenido de materia suspendida ya que el jugo clarificado tiene un sabor muy pobre.

\* NAD.-Nicotin amida adenin dinucleótido \*\*Fosfato de

Normalmente el peso seco de la materia suspendida es de 0.67% del peso original del jugo. La materia suspendida se compone de - lípidos, pectina, celulosa, hemicelulosa,  $P_2O_5$ , y minerales (125).

Las partículas suspendidas del jugo de naranja (comunmente - llamadas nube del jugo) están relacionadas fisicoquímicamente con el sabor, debido a que los volátiles están íntimamente asociados a los aceites del jugo (61).

Los aceites del jugo se originan en las glándulas de aceite de la cáscara que se rompen durante la extracción del jugo.

Cuando se centrifuga el jugo de naranja, inmediatamente después de su extracción, los aceites se encuentran en la fase transparente (acuosa o ligera) sin embargo si el jugo se deja unas pocas horas después de la extracción y después se centrifuga los lípidos se encuentran en la fracción pesada (o sedimento).

Esto nos indica que el aceite de cáscara se encuentra libre en el jugo inmediatamente después de la extracción pero gradualmente se va asociando con la materia suspendida. Gran parte de la materia suspendida se disuelve en los lípidos (61).

Esto probablemente explica el rápido cambio en el sabor que ocurre en el jugo de naranja en las primeras horas después de su extracción.

Esto también explica la importancia de la nube de materia suspendida para el sabor del jugo, en tanto que los lípidos actúan - como punto de almacenamiento de los componentes del aceite de cáscara (61).

La nube del jugo y la pérdida de ésta están muy relacionadas con el contenido de pectina, tipo de pectina, actividad de la pectinesterasa y el tratamiento térmico (11).

La pectina es un estabilizador de la nube del jugo y cuando ésta cambia la nube se sedimenta rápidamente y la pérdida de la nube de partículas suspendidas se atribuye a la degradación enzimática de las sustancias pécticas (11).

Las características físicas de la nube han sido estudiadas y se ve que las gotas de aceite que están íntimamente asociadas a la superficie de partículas de la nube pueden dar un efecto estabilizante a la suspensión, por un decremento en la densidad de las partículas logrando una densidad similar a la del suero (11).

#### 2.5.1 Las sustancias pécticas del jugo de naranja.

Las sustancias pécticas son un grupo complejo derivado de polisacáridos que contienen principalmente unidades de galacturonano, arabinano y galactano. Son heterogéneas en sus pesos moleculares, grado de esterificación y pureza en cuanto a su contenido de ácido galacturónico y presencia de carbohidratos no urónicos.

La American Chemical Society, en 1951, dió una nomenclatura para las sustancias pécticas:

Sustancia péctica es la designación para un grupo complejo de derivados de carbohidratos que contienen una gran proporción de unidades de ácido anhidrogalacturónico. Los grupos carboxilo del ácido poligalacturónico pueden estar parcialmente esterificados por grupos metilo y parcial o completamente neutralizados con 1 o más bases.

Protopectina es el término general utilizado para la sustancia péctica insoluble en agua.

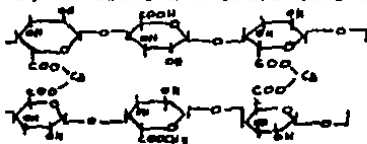
Los ácidos pectínicos son cadenas del ácido poligalacturónico que contienen grupos metil-éster. Si contienen más de 7% de grupos metil-éster pueden formar geles con azúcar o ácidos y si contienen de 3 a 7% de grupos metil-éster pueden formar geles con ciertos iones metálicos.

La pectina es el término general utilizado para los ácidos pectínicos solubles en agua.

Los ácidos pectínicos son las sustancias pectínicas esencialmente libres de grupos metil-éster (92).

Parte de la molécula de ácido poligalacturónico esterificada con metanol, se muestra a continuación:

FORMULA VI.  
PECTINA.



En esta estructura se muestra el enlace que se forma con un ión polivalente (como es el calcio).

En las frutas cítricas las sustancias pectínicas se distribuyen en toda la fruta. La piel contiene del 20 al 30% del peso seco y el jugo contiene del 3 al 6% del peso seco de sustancias pectínicas.

La distribución de sustancias pectínicas en el jugo de naranja expresada en miligramos de ácido anhidrogalacturónico por litro de jugo es de 859 de protopectina y 185 de pectina (52).

#### 2.5.2 Enzimas pectínicas de la naranja.

Los frutos cítricos son relativamente ricos en pectinesterasa. La presencia de la actividad de esta enzima es indeseable en el jugo de naranja debido a que causa la precipitación de la -

pectina y de la nube de sólidos del jugo.

La pectinestearasa de los cítricos está asociada a los componentes insolubles en agua y a la pectina. El jugo de naranja contiene menor cantidad de pectinestearasa que otras partes de la fruta (92).

Versteeg, en 1979, encontró que existen 12 formas de pectinestearasa en los jugos cítricos; sin embargo 2 de ellas representan el 90% de la actividad total. (127).

ENZIMA	PUNTO ISOELECTRICO	PESO MOLEC.
Pectinestearasa I	10.05	36200
Pectinestearasa II	Mayor de 11	36200

Ambas tienen su mayor actividad a un pH óptimo de 7.5.

La pectinestearasa III tiene un peso molecular de 54000 y es activa aún a pH de 2.5.

Los valores KM decrecen al aumentar el grado de esterificación del sustrato y se incrementan cuando decrece el pH. Las estabildades al calor de estas enzimas son:

	D90°C	Z
Pectinestearasa I	6.5°C	0.0037 min.
Pectinestearasa II	11 °C	0.0015 min.
Pectinestearasa III	6.5°C	0.375 min.

Engerman, en 1976, dió los tiempos y temperaturas necesarios para inactivar la pectinestearasa en el jugo de naranja: Temperatura necesaria de pasteurización T=90.5°C tiempo de inactivación ft= 1 minuto, y tiempo recíproco de inactivación por calor z= 12.2 (39).

La enzima poligalactouronasa no se encuentra en los cítricos (125, 129).

**CAPITULO 3.**

**EL AROMA DEL JUGO DE NARANJA.**

La primera condición que debe reunir un compuesto para impartir aroma es su volatilidad. En el jugo de naranja, la fracción volátil está constituida por compuestos químicos presentes en diversas partes del fruto y que se reúnen en el jugo durante su extracción.

La parte del fruto más importante en el aporte cuantitativo de componentes es la corteza que durante la extracción libera parte de su aceite esencial. Cualitativamente el jugo obtenido después de pelar cuidadosamente la fruta, para evitar la incorporación del aceite de cáscara, presenta prácticamente los mismos componentes que el obtenido industrialmente, aunque en menor cantidad y en proporciones diferentes (4).

Todos los frutos cítricos contienen prácticamente los mismos componentes aromáticos, por lo que las diferencias de aroma que se observan entre las distintas variedades se deben a las proporciones relativas en que están presentes (4).

Es de destacarse que no todos los componentes de la fracción volátil contribuyen, necesariamente, al aroma.

### 3.1 METODOS DE ANALISIS DE LA FRACCION VOLATIL.

El estudio de la fracción volátil del jugo de naranja solo es posible mediante el concurso de técnicas separativas, fundamentalmente la cromatografía gas-líquido. Existen, sin embargo, otras técnicas de análisis químico de gran utilidad práctica para la evaluación global del aroma o de alguno de sus componentes, además, el análisis sensorial es imprescindible en el estudio de los aromas.



En general se requieren cuatro etapas para analizar la fracción volátil de los alimentos:

- A. Separación de la fracción volátil del material no volátil.
- B. Concentración de la fracción volátil.
- C. Fraccionamiento del material volátil en sus distintos componentes.
- D. Identificación de los componentes separados (5).

En el estudio del aroma de los alimentos, existen fundamentalmente dos tendencias: en una de ellas se considera imprescindible el estudio de todos los componentes volátiles aislados (análisis de los volátiles totales) y en la otra solo se analizan directamente los vapores que emanan del producto y que son detectados por el sentido del olfato (análisis del espacio de cabeza) (5).

Ambas técnicas son necesarias para llevar a cabo un estudio completo de la fracción aromática de los alimentos, debido a que cada una tiene sus ventajas y sus inconvenientes.

El análisis del espacio de cabeza suele ser más sencillo y rápido, reduciéndose con ello la posibilidad de introducir compuestos extraños que pueden ser considerados erróneamente como componentes del aroma. Además la composición del espacio de cabeza está estrechamente relacionada con la de los vapores que producen el estímulo olfatorio.

Como contrapartida, la concentración de los compuestos aromáticos en el espacio de cabeza es muy baja por lo que resulta muy difícil detectar cromatográficamente los componentes minoritarios (6).

Mediante la técnica de volátiles totales, la preparación de la muestra de aromas para el análisis cromatográfico suele ser más laboriosa, lo que aumenta el riesgo de pérdida de componentes naturales y la introducción de sustancias extrañas. Sin embargo, la extracción de volátiles del alimento es más completa y resulta más fácil la concentración de los aromas, con lo cual se posibilita la detección posterior de compuestos minoritarios (6).

### 3.1.1 Análisis sensorial.

El objetivo fundamental del estudio de la fracción volátil de los alimentos es la identificación y la cuantificación de los componentes verdaderamente responsables del aroma, por lo que sólo mediante el análisis sensorial encontramos las propiedades odoríferas de los componentes volátiles.

Existen muy diferentes tipos de evaluaciones sensoriales y muchas clasificaciones de los mismos. Kramer y Twigg, en 1970, agrupan los tipos de evaluación según su propósito en determinación de preferencias, detección de diferencias y evaluación del grado de calidad (67).

Para determinar las preferencias del consumidor debe utilizarse un número elevado de catadores (100 o más) que no deben ser entrenados previamente. El consumidor juzga un número reducido de muestras, como máximo tres, e indica su preferencia (4, 67)

Para detectar diferencias se prefieren pocos catadores (3 a 5) que repiten varias veces el análisis para aumentar la precisión estadística. Se utilizan catadores entrenados (4).

En la detección conjunta diferencias-preferencias, los jueces, además de detectar las primeras, deben proporcionar una estimación preliminar de la respuesta del consumidor. En estos casos el número de catadores entrenados es mayor (8-20) y resulta muy adecuada la utilización de una escala hedónica a fin de cuantificar las preferencias (67).

Los análisis para establecer grados objetivos de calidad son probablemente los más complicados. En ellos no se evalúan comparativamente las muestras, sino que se califican según escalas absolutas establecidas previamente, correspondientes a los parámetros objetivos de calidad a medir (por ejemplo acidez, sabor amargo etc). La elección de estos parámetros debe ser adecuada para que constituyan criterios representativos de la calidad de un producto. Resulta conveniente la utilización de muestras de referencia con valores conocidos en la escala y los jueces deben ser entrenados - previamente para agudizar su habilidad en la detección de diferencias en cada factor de calidad (67).

En el estudio del aroma y del sabor del jugo de naranja se utilizan todos estos tipos de análisis sensoriales. Los más frecuentes son los diferenciales, ya que los objetivos más usuales de las investigaciones radican en determinar si durante un proceso o en el curso del almacenamiento se producen alteraciones del aroma respecto al jugo original.

### 3.1.2 Análisis Químicos.

El análisis del contenido de aceite esencial, principal apor-

te de volátiles, es uno de los controles de calidad básicos del jugo de naranja.

Sin embargo el desarrollo de métodos químicos de análisis de la fracción de aromas coincide con la difusión de técnicas de recuperación de aromas, dada la necesidad de evaluar en forma rápida la calidad de las esencias concentradas obtenidas.

Bruenner y Senn, en 1957, llevaron a cabo un método, que consiste en la iodometría de la fracción volátil separada del jugo por destilación (70).

La valoración incluye los alcoholes, ésteres, aldehidos y cetonas y se obtiene el denominado número de oxidación. El resultado está influenciado por el contenido de etanol que es mayoritario en la esencia, aunque no es importante para el aroma, por lo que los mismos autores propusieron restar el número de oxidación correspondiente al etanol, obteniendo el número de aroma (70).

El resultado está influido por otros productos, como aldehidos, haciendo inexacta la medida.

Por otra parte, los aldehidos y cetonas son muy importantes para el aroma, por lo que es conveniente su análisis directo.

Daughtery, en 1968, propuso el método de la demanda química de oxígeno para el análisis de volátiles solubles en agua. El método consiste en destilar la muestra y separar el aceite esencial insoluble del destilado. La fracción soluble del destilado se oxida con dicromato potásico y ácido sulfúrico y se mide el porcen-

taje de luz transmitida a 650 nm de la solución oxidada (4).

Este método es poco específico, ya que valora todo el material oxidable, por lo que es conveniente disponer de métodos de análisis para determinados grupos de compuestos.

El método de Attaway, 1964, permite determinar el contenido de aldehídos saturados, aldehídos insaturados, ésteres y terpenos oxigenados de las esencias, aprovechando la propiedad de cada grupo de dar reacciones coloreadas con sustancias específicas (p-difenilendiamina, o-dianisidina, hidroxilamina y vainillina respectivamente) pudiéndose medir la intensidad de la reacción por colorimetría (10).

Peleg y Manheim, en 1970, proponen otro método colorimétrico más rápido en el que se utiliza dinitrofenilhidrazina (10)

Ismail y Wolford, en 1970, utilizan h-hidroxibenzensulfonamida para el análisis de aldehídos (4).

Moshonas y Shaw, en 1975, proponen un método basado en valoración con bromo y estudian paralelamente los resultados de dicha valoración con los que se obtienen por cromatografía gas-líquido, actualmente el único método para separar verdaderamente los distintos compuestos de la fracción volátil (4).

### 3.1.3 Análisis del espacio de cabeza.

La expresión "análisis del espacio de cabeza" se refiere al estudio de la mezcla de vapores en equilibrio con una muestra de alimento sólido o líquido contenida en un recipiente cerrado (5).

Indudablemente en el espacio de cabeza se encuentran presentes todas las sustancias responsables del olor objetivo de los alimentos y en las mismas proporciones en que llegan a la cavidad nasal. Por consiguiente la composición de la mezcla de vapores - del espacio de cabeza es la del aroma que resulta difícil de determinar completamente, debido fundamentalmente a la baja concentración de muchos de sus componentes (4,5,114)

Navar, en 1966, en un estudio sobre los factores que afectan la composición cuantitativa de volátiles en el espacio de cabeza de sustratos complejos, tales como alimentos, demuestra que la concentración de un compuesto en el espacio de cabeza depende de su presión de vapor, del medio en que está distribuido y su solubilidad en el mismo, de su concentración en la fase líquida, de su miscibilidad con otros compuestos orgánicos y la presencia de sales o azúcares en el medio (5).

La presión de vapor es uno de los factores más importantes, hasta el punto que el cromatograma obtenido puede reducirse en muchas ocasiones a los picos correspondientes a los compuestos mayoritarios con una presión de vapor elevada. Por otra parte, en la mayoría de los casos, los aromas están distribuidos en medio acuoso por lo que casi la totalidad del espacio de cabeza está constituido por vapor de agua, además de aire, siendo muy reducida la concentración de los compuestos aromáticos (5).

La adición de sales inorgánicas para incrementar la presión de vapor de los componentes en soluciones acuosas, es un procedimiento normal utilizado en el análisis del espacio de cabeza. Sin

embargo, el efecto es diferente para distintos compuestos y depende también, para un mismo compuesto, de su concentración. En ocasiones, la simple dilución de la muestra con agua puede incrementar la concentración de ciertos volátiles en el espacio de cabeza (5).

#### 3.1.3.1 Método de inyección directa.

El método más simple y rápido para analizar la fracción volátil de un alimento consiste en tomar una volumen conocido del espacio de cabeza con una jeringa adecuada e inyectarlo directamente en un cromatógrafo para obtener un cromatograma que se denomina aromagrama (114).

Las ventajas de esta técnica son numerosas, pudiendo resumirse del siguiente modo: no se introducen sustancias extrañas debidas a disolventes o impurezas de los mismos; los cambios producidos por reacciones químicas o enzimáticas están reducidas al mínimo; no hay pérdidas de sustancias muy volátiles etc (114).

Sin embargo esta técnica tiene las siguientes limitaciones:

- a) algunos compuestos de media o baja volatilidad pueden no aparecer en el cromatograma aunque tengan importancia en el aroma; esto puede ser debido a que la sensibilidad del detector sea menor que la del órgano olfatorio humano (5).
- b) la goma del tapón puede absorber determinados compuestos volátiles en menor o mayor proporción. Esto tiene gran influencia en los estudios cuantitativos o comparativos (5).

En el momento de llenar la jeringa se produce una depresión en el espacio de cabeza del recipiente que contiene la muestra ~

por lo que el volumen que se toma suele ser inferior al indicado en la jeringa(63).

En el caso del análisis de cabeza, las inyecciones directas dan lugar a que en el cromograma aparezcan sólo los picos correspondientes a aquellos componentes mayoritarios que tienen elevada presión de vapor y están presentes en cantidades suficientes para activar el detector.

### 3.1.3.2 Análisis del espacio de cabeza con concentración previa.

Dos son las técnicas fundamentales para proceder a concentrar los gases del espacio de cabeza, si bien existen variantes de cada una de ellas.

#### 1. Utilización de trampas criogénicas.

El método más sencillo para acumular cantidades pequeñas de sustancias volátiles del espacio de cabeza es la congelación de las mismas, haciéndolas llegar a un recipiente colector que se mantiene a baja temperatura, generalmente en un baño de nitrógeno líquido o mezcla de hielo seco y acetona (5).

Con esta técnica se consigue la eliminación del aire.

#### 2. Adsorción de los componentes orgánicos en trampas de polímeros porosos.

La aparición, al principio de la década de los sesenta, de las microbolas de polímeros porosos orgánicos abrió nuevos caminos a las técnicas de adsorción. Los más utilizados para la concentración de los gases del espacio de cabeza son los productos conocidos comercialmente con el nombre de Porapak y sobre todo el Porapak Q (copolímero de etilvinilbenceno-divinilbenceno) el más



utilizado para la concentración de los gases del espacio de cabeza (5).

Lund y Dinsmore, en 1978, describieron los métodos utilizados para el estudio de los gases del espacio de cabeza del jugo de naranja. Las técnicas utilizadas para la adsorción de sustancias volátiles por una trampa de polímero poroso y la transferencia de las mismas a un sistema cromatográfico adecuado constan de los cuatro componentes básicos siguientes:

- 1.- Un dispositivo que suministre una corriente constante de gas de arrastre.
- 2.- Un recipiente para la muestra.
- 3.- Una trampa con adsorbente.
- 4.- Un dispositivo con temperatura regulable para la adsorción de la muestra, bien para recogerla en una trampa criogénica o bien para transferirla directamente al cromatógrafo (5).

los adsorbentes, si no están adecuadamente acondicionados, - pueden dar lugar a picos extraños en el cromatograma.

Otras sustancias adsorbente pueden utilizarse para la concentración de volátiles en alimentos. Las consideraciones a tomar en cuenta en estos casos son:

- 1.- La capacidad de adsorción respecto a los componentes de interés.
- 2.- La temperatura necesaria para la desorción
- 3.- La estabilidad térmica del adsorbente y de las sustancias adsorbidas (5).

### 3.1.4 Análisis de volátiles totales.

La obtención, a partir de un alimento, de una muestra de volátiles totales apta para ser analizada por cromatografía de gases, suele constar de dos fases fundamentales: el aislamiento de la fracción volátil y su concentración.

En el jugo de naranja la primera parte se efectúa normalmente por destilación, simple o fraccionada, en cuyo caso la concentración suele tener lugar por extracción del destilado con un disolvente orgánico que se elimina por evaporación (6).

#### 3.1.4.1 Destilación.

Mediante el empleo de la destilación se separan, además de los componentes del aroma, otros compuestos volátiles que no tienen repercusión en el aroma.

La fracción aromática del jugo de naranja está constituida - por sustancias orgánicas de poca solubilidad en agua que presentan una volatilidad mayor que ésta cuando se encuentran en un medio acuoso, a pesar de poseer en muchos casos puntos de ebullición superiores. Como consecuencia tienden a separarse del jugo durante las primeras etapas de la destilación.

El destilado está constituido en su mayor parte por agua, de forma que los compuestos aromáticos se encuentran en bajas concentraciones. Por esta razón se hace necesaria la fase de concentración, para que los compuestos minoritarios puedan ser detectados en el cromatógrafo. Dado que el jugo de naranja es un pro-

ducto termosensible, la destilación suele llevarse a cabo a baja presión, a fin de reducir la temperatura de trabajo.

La forma más sencilla de extraer los volátiles del jugo de naranja consiste en la destilación a baja presión del jugo, condensándose a continuación los vapores en un refrigerante en el que circula agua fría (6).

Tanto la eficacia de la extracción de los volátiles como la reproducibilidad de los resultados obtenidos mediante destilación simple a baja presión pueden ser muy satisfactorias si se toman las precauciones suficientes para evitar la pérdida de volátiles y se mantienen constantes las condiciones de trabajo.

Sauri, et al, comprueban que la eficacia en la extracción de volátiles, mediante destilación simple a baja presión, se ve incrementada si se acompaña con arrastre de nitrógeno. El destilado condensa en un refrigerante mantenido a 0 grados centígrados y, además, se sitúan trampas con diclorometano refrigerado con mezcla de etanol y anhídrido carbónico sólido (-70- -80°C) entre la instalación y la bomba de vacío. De esta forma los volátiles que no condensan en el refrigerante burbujan en el diclorometano disolviéndose en el mismo (3).

Fijando las condiciones de trabajo en un 25% de evaporación y una presión entre 50 y 70 mm de Hg (de forma que la temperatura de ebullición del jugo sea de unos 35-40°C y quede excluida la posibilidad de daño térmico) el rendimiento de la extracción de los volátiles es superior al 90% y la reproducibilidad

es muy satisfactoria, ya que no se observan diferencias significativas al 95% (113).

Lafuente et al (1976) han puesto a punto una técnica según la cual el jugo precalentado se somete a evaporación instantánea producida mediante descenso brusco de la presión. El destilado - condensa en refrigerantes a  $-2^{\circ}\text{C}$  en trampas a  $-196^{\circ}\text{C}$  (nitrógeno líquido) (6).

En todos los procedimientos mencionados la fase de concentración de la fracción volátil se lleva a cabo por la extracción con disolvente orgánico, que se evapora a continuación. La extracción suele llevarse a cabo manualmente en embudos de decantación agitando vigorosamente. Uno de los disolventes más utilizados es el diclorometano, ya que es común efectuar varias extracciones sucesivas con un volumen en cada una de ellas de aproximadamente  $1/4$  o  $1/3$  del de la muestra a extraer (6).

Nikerson y Likens (1966) propusieron una técnica, modificada después por Maarso y Kepner (1970). El producto del que quieren aislar los aromas y el disolvente, destilan al mismo tiempo en recipientes separados, pero los vapores de ambos condensan en un refrigerante común, en el cual tiene lugar la extracción. El condensado consta de dos fases debido a su inmiscibilidad y a la diferencia de sus densidades; una de ellas, el disolvente, está enriquecida con los aromas extraídos a la otra fase, el agua, procedente de la destilación del alimento. Ambas fases retornan continuamente a sus respectivos recipientes por conductos situados

a diferentes niveles (113).

Sauri et al , propusieron un método consistente en trabajar a presión de 120-130 mm de Hg, con lo que la temperatura de ebullición del jugo es de unos 55°C. De esta manera y con una duración del proceso de 15 minutos, se consigue un rendimiento en la extracción próximo al 100%, con una reproducibilidad muy satisfactoria (sin diferencias significativas al 95% entre extracciones) Aunque no todo el disolvente condensa a esta presión, si lo hace en cantidad suficiente como para asegurar una buena extracción. El diclorometano no condensado se recoge en trampas a -70 - -80 °C, evitándose su pérdida y la de los volátiles del jugo que pudieran no condensar. Finalizada la destilación extracción, se reúne el disolvente del recipiente de destilación con el condensado en las trampas y se evapora para concentrar los aromas (3).

#### 3.1.4.2 Extracción Directa.

En la mayoría de los alimentos la proporción de sustancias no volátiles solubles en disolventes orgánicos suele ser considerable, por lo que resulta necesaria la destilación previa a la extracción a fin de evitar la presencia en el extracto final de materias que puedan dificultar el análisis cromatográfico.

En los jugos de frutas, sin embargo, la cantidad de este tipo de sustancias es mínima, por lo que la extracción directa (sin destilación previa) puede ser una técnica adecuada (6)

Aunque la proporción de material no volátil que se inyecta en el cromatografo es mínima, resulta conveniente evitar que lle-

go a la columna cromatográfica. Ello puede conseguirse mediante la colocación de fibra de vidrio en la puerta de inyección (113).

La extracción directa puede llevarse a cabo manualmente o en extractores líquido-líquido.

La extracción manual consiste básicamente en saturar el jugo con cloruro de sodio y extraerlo a continuación repetidas veces - con diclorometano. Los extractos se reúnen, se elimina el agua residual con sulfato de sodio y seguidamente se evapora el disolvente. El extracto concentrado final se inyecta en el cromatógrafo (6).

Blakesley y loots (1977) utilizan freón 12, que posee un punto de ebullición inferior a la temperatura ambiente y un aparato que consta de dos cámaras acopladas, la inferior de extracción y la superior de destilación. La muestra y el disolvente se colocan en la cámara inferior y mediante agitación se efectúa la extracción. A continuación se enfría el conjunto a  $-30^{\circ}\text{C}$  de forma que la muestra se congela mientras el disolvente permanece líquido. Por decantación pasa éste a la cámara superior que está en comunicación con la primera, pero dispone de un dispositivo para impedir que el disolvente regrese en forma líquida a la cámara inferior. Después se eleva la temperatura del sistema de forma que el disolvente destila pasando de nuevo a la cámara inferior (114).

La extracción manual con diclorometano en embudos de decantación da un rendimiento de extracción de 15%, aunque los resultados son bastante reproducibles. Por el contrario, mediante el

uso del mismo disolvente con un extractor líquido-líquido durante 7 horas el rendimiento es superior al 60%, también con una buena reproductibilidad. Sin embargo, cuando se efectúa la destilación previa del jugo, por cualquiera de los métodos utilizados, la extracción es próxima al 100%. (6).

### 3.2 COMPONENTES DE LA FRACCIÓN VOLÁTIL DEL JUGO DE NARANJA.

En 1925, Hall y Wilson indicaron que el aroma del jugo de naranja fresco se debe, además del aceite de cáscara, a otras sustancias que sólo se encuentran en el jugo. En sus trabajos identificaron los siguientes compuestos: acetona, acetaldehído, etanol, ácido fórmico, alcohol isoamílico, alcohol fenilacético, geraniol y alfa-terpineol (7).

Al utilizar la cromatografía gas líquido como técnica de separación se identificaron cuarenta y tres compuestos volátiles - distintos (11). En la mayor parte de los trabajos posteriores, la separación de los distintos componentes de la fracción volátil del jugo de naranja se ha llevado a cabo por cromatografía gas-líquido y su identificación por otras técnicas instrumentales como espectrografía infrarroja, espectrometría de masas o resonancia magnética nuclear (38, 70, 83, 102, 103).

Alberola e Izquierdo, en 1980, recopilaron más de doscientos componentes de la fracción volátil del jugo de naranja, citados en la bibliografía (7). En la tabla II aparecen estos compuestos agrupados por grupos funcionales (7).

TABLA II\*

## COMPUESTOS IDENTIFICADOS EN LA FRACCIÓN VOLÁTIL DEL JUGO DE NARANJA

ACIDOS:

Acético	Dodecanol
Butírico	Etanol
Decanoico	Farnesol
Fórmico	2-fenil-etanol
Hexanoico	Geraniol
Iso-hexanoico	Heptanol
Iso-pentanoico	3-hepten-1-ol
Octanoico	Hexanol
Propiónico	2-hexanol

ALCOHOLES:

borneol	Trans-2-hexen-1-ol
1-butanol	3-hexen-1-ol
2-butanol	Cis-3-hexen-1-ol
Carveol	Iso-butanol
Cis-carveol	Iso-hexanol
Trans-carveol	Iso-pentanol
Citronelol	Linalol
1-decanol	Cis-2,8-p-metadien-1-ol
	Trans-2,8-pmetadien-1-ol

\* Alberola, J. e Izquierdo, L., La fracción aromática del jugo de naranja, Agroquim Tecnol Aliment, 20(1), 1980. pág 79-86.



TABLA II.  
(continuación)

---

1,8-p-metadien-9-ol	1-penten-3-ol
8-p-menten-1,2-diol	1-propanol
Trans-p-menten-9-ol	Iso-pulgeol
p-mentan-1,2-diol	Terpinen-4-ol
Metanol	Alfa-terpineol
2-metil-1-butanol	Undecanol
3-metil-1-butanol	
2-metil-3-buten-2-ol	<u>ALDEHIDOS:</u>
3-metil-2-buten-1-ol	Acetaldehido
Metil-heptenol	Benzaldehido
2-metil-1-pentanol	Butiraldehido
2-metil-1-propanol	Citral
Neo-iso-pulgeol	Citronelol
Nerol	Decanal
Nerolidol	2-decanal
1-nonanol	alfa-beta-diheptilacrolefina
2-nonanol	alfa-beta-dioctilacrolefina
1-octanol	Dodecanal
2-octanol	2-dodecanal
1-pentanol	Alfa-etil-butiraldehido
2-pentanol	2-etil-hexanal

---

TABLA II  
(continuaci6n)

---

furfural	Propionaldehido
Geranial	Alfa-sinensal
Heptanal	Beta-sinensal
alfa-heptil-beta-nonilacrolefina	Undecanal
Hexanal	
2-hexenal	<u>CETONAS:</u>
Cis-2-hexenal	Acetona
Trans-2-hexenal	Butanona
Alfa-hexil-beta-heptilacrolefina	2-butanona
Alfa-hexil-butanonilacrolefina	Carvona
Alfa-hexil-beta-octilacrolefina	2-decanona
Malonaldehido	Etil-vinil-cetona
Neral	3-hidroxi-2-butanona
Nonanal	Metil-etil-cetona
Octanal	Metil-heptenona
Octenal	6-metil-5-hepten-2-ona
2-octenal	4-metil-2-pentanona
Alfa-octil-beta-heptilacrolefina	Nootkatona
Pentanal	2-octanona
2-pentenal	2-pentanona
Trans-2-pentenal	Piperitona
Perilaldehido	Beta-yonona

---

TABLA II.  
(continuación)

---

ESTERES:

Acetato de bornilo	Heptanoato de etilo
Acetato de citronelilo	Hexanoato de etilo
Acetato de decilo	Hexanoato de metilo
Acetato de etilo	3-hidroxi butirato de etilo
Acetato de geranilo	3-hidroxi hexanoato de metilo
Acetato de linalilo	Iso-butilato de etilo
Acetato de 1,8-p-mentadien-9-ilo	Iso-pentanoato de etilo
Acetato de nerilo	Iso-pentanoato de metilo
Acetato de octilo	Iso-pentanoato de octilo
Acetato de terpenilo	N-metil antranilato de metilo
Antranilato de metilo	2-metil butirato de etilo
Benzoato de etilo	Octanoato de butilo
Butirato de citronelilo	Octanoato de etilo
Butirato de etilo	Octanoato de metilo
Butirato de geranilo	Pentanoato de etilo
Butirato de metilo	Propionato de etilo
Butirato de octilo	
2-etihexanoato de metilo	<u>HIDROCARBUROS:</u>
Formiato de etilo	Bifenilo
Formiato de geranilo	Gamma-cadineno
Formiato de terpenilo	Canfeno

---

TABLA II  
(continuación)

---

Delta-3-careno	Ocimeno
Cariofileno	Octano
Ciclohexano	Alfa-pineno
p-cimeno	Beta-pineno
alfa-copaeno	Sabineno
Beta-copaeno	Seliandieno
Beta-cubebeno	Alfa-terpieno
Beta-elemeno	Beta-terpieno
Farneseno	Gama-terpineno
Alfa-felandreno	Terpinoleno
Beta felandreno	Alfa-tuyeno
Heptano	Valenceno
Hexano	Ylangeno
Alfa-humuleno	<u>VARIOS:</u>
Beta-humuleno	Carbonato de dietilo
Isopreno	1,8-cineol
p-isopropeniltolueno	Gamma-decanolactona
Limoneno	1,1-atoximetosietano
2,4-p-mentadieno	Etil-sec-butyl-éter
Mirceno	Oxido de cis-limoneno
Nonano	Oxido de trans-limoneno
Allo-ocimeno	Oxido de cis-linalol
	Oxido de trans linalol

---

Como puede observarse, la fracción alcohólica es la que presenta un mayor número de componentes. Se han identificado, entre otros, todos los alcoholes primarios saturados desde el metanol hasta el dodecanol. El linalol se ha citado en el mayor número de los trabajos (38, 70, 83, 102, 103).

Entre los aldehidos identificados, figuran todos los alifáticos saturados de cadena lineal, desde el acetaldehido hasta el dodecanal. También se han identificado algunos ácidos alifáticos libres, siendo mucho más numerosos los ésteres encontrados, principalmente etílicos y metílicos.

Las cetonas, junto con los aldehidos alifáticos, son los compuestos menos numerosos presentes en la fracción volátil del jugo de naranja.

Por último, entre los compuestos citados en el epígrafe varios, se cita el ácido sulfúrico, siendo éste el único compuesto con azufre citado.

### 3.3 APORTE AL AROMA DE LOS COMPONENTES DE LA FRACCION VOLATIL DEL JUGO DE NARANJA.

No todos los componentes de la fracción volátil del jugo de naranja contribuyen, necesariamente, al aroma (4).

Para un estudio completo del aroma, hay que saber cuales son las posibles contribuciones de los volátiles a la calidad sensorial.

Los volátiles, desde el punto de vista de su contribución al aroma, pueden:

A.- Contribuir determinantemente al aroma típico del jugo. En es-

- ta caso el volátil es llamado componente de impacto de carácter.
- B.- Ser parte del aroma típico si contribuyen a éste y son deseables.
  - C.- Ser responsables de un sabor extraño y, por lo tanto, ser indeseables.
  - D.- Ser precursores de un componente que confiera sabor extraño al jugo.
  - E.- No contribuir al aroma típico, pero, dar notas de sostén.
  - F.- Contribuir a la intensidad del aroma.
  - G.- No contribuir al aroma en ningún nivel de concentración.

Luthy, en 1958, dió una clasificación de los compuestos volátiles, según su influencia en el aroma, que distingue en el conjunto del material volátil los siguientes grupos de sustancias:

- A.- Específicas o características, sin las cuales el aroma no sería típico.
- B.- No específicas o de sostén.
- C.- Neutras, que no aportan nada al aroma.
- E.- Extrañas al producto natural, producidas durante la fermentación, calentamiento o almacenamiento, y que son indeseables en el jugo (4).

Daugherty, et al, en 1973, determinaron los umbrales de 33 componentes conocidos del jugo de naranja y los evaluaron cada uno por separado y mezclados. Estos componentes se evaluaron en las concentraciones en que se encuentran en el jugo de naranja y son las siguientes:

acetaldehído	citral
octanal	citronelal
nonanal	trans-2-hexenal
decanal	etilvinilcetona
dodecanal	etilbutirato
d-limoneno	alfa-pineno
linalol	beta-sinensal
myrceno	

Las combinaciones más parecidas al aroma del jugo fueron:

a) d-limoneno	b) d-limoneno	c) d-limoneno
etilbutirato	etilbutirato	etilbutirato
citral	citral	citral
	acetaldehído	acetaldehído
		alfa-pineno
d) d-limoneno	e) d-limoneno	f) d-limoneno
etilbutirato	etilbutirato	etilbutirato
citral	nonanal	alfa-pineno
alfa-pineno		

La adición de citronenal, decanal y trans-2-hexenal empeoraron el aroma. Dos componentes fueron parte de las seis mezclas, etilbutirato y d-limoneno. El etilbutirato puro tiene un aroma afrutado con una nota a piña ligeramente rancia. Su umbral está en el rango de ppb, sin embargo, en el jugo de naranja se encuentra cerca de lppm y es uno de los componentes que son cuantitativamente mayoritarios (38).

\* ppb = Partes por billón.

Los isómeros citral, neral y geranial (compuestos de impacto de carácter en el limón) forman parte del aroma del jugo de naranja a niveles superiores de 200. ppb. Otros aldehidos que contribuyen al aroma típico son octanal, nonanal y los isómeros sesquiterpenos alfa y beta sinensal (8).

Durr y Shobinger, en 1981, encontraron que la contribución de volátiles para el aroma típico del jugo son:

IMPORTANTES:	DESEABLES:
etil-butilato	linalol
neral	limoneno
geranial	alfa-pineno
	valenceno
	acetaldehido
	octanal
	nonanal
	alfa-sinensal
	beta-sinensal

Los componentes volátiles que contribuyen al aroma del jugo de naranja, deben estar en concentraciones apropiadas ya que las diferencias de concentración de estos compuestos pueden cambiar radicalmente el aroma.

No obstante, existen pocas publicaciones que contengan análisis cuantitativos de dichos componentes, debido a que se encuentran, en su mayoría, en concentraciones de ppb.



TABLA III\*  
 CONCENTRACIONES EN MICROGRAMOS DE ALGUNOS COMPONENTES DEL AROMA  
 DEL JUGO DE NARANJA FRESCO

COMPONENTE	CONCENTRACION (mg/lt de jugo)
limoneno	4100
etil-3-hidroxihexanoato	460
etil-butanoato	290
Hexanal	260
valenceno	200
linalol	150
etil-3-hidroxi-butano	110
alfa-terpineol	93
Myrceno	68
cis-3-hexen-1-01	50
citral	45
trans-2,8-mentadien-1-ol	44
4-terpineol	42
metil-3-hidroxi-butano	34
1-hexanol	26
alfa-pineno	22
etil-hexanoato	15
citronelol	15
trans-linaldido	15
decanal	14
acetato de citronelilo	10
carveol	10
1-octanol	10
beta-cariofileno	10
Acetato de nerilo	9
geraniol	9
nerol	9

En la tabla III se pueden observar los componentes que se encuentran en mayor concentración en el jugo de naranja y que imparten a éste su aroma característico.

\* Schreiner, P., Changes of flavour compounds during the processing of citrus juices, Long Ashton Sump., Proc., 7ht, 1981.

**CAPITULO 4**

**EL PROCESO DEL JUGO DE NARANJA**

La manufactura de jugos es una de las operaciones de procesamiento de alimentos más usada en el mundo. Los jugos cítricos y en especial el jugo de naranja, son los más aceptados en el mundo por sus características de sabor altamente deseables.

Se han desarrollado híbridos de la naranja de tal manera que se tienen cultivos de estaciones, temprana, media y tardía que permiten cosechar la fruta en períodos de 9 a 10 meses cada año. Esto ha permitido una eficiencia en las operaciones de proceso con 2.0 3 meses de descanso, para mantenimiento y limpieza (93).

Las diferentes variedades viables para el proceso se clasifican de acuerdo al tiempo requerido para la cosecha y el tiempo de año en que alcanzan su madurez comercial.

Las naranjas de estación temprana maduran de octubre a diciembre; las de estación media de enero a mayo y las de estación tardía de mayo a julio (92).

#### 4.1 ESTRUCTURA DE LA NARANJA.

La estructura de la naranja es muy importante, debido a que las máquinas que se utilizan para extraer el jugo, se diseñan en base a la misma.

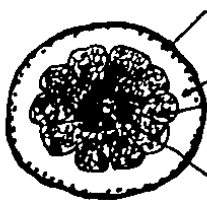
La cáscara de una naranja consiste de una porción exterior coloreada que contiene las glándulas del aceite de cáscara y una porción interior blanca y esponjosa. A la parte coloreada se le denomina flavedo y a la parte blanca, albedo (61).

Debajo del albedo están los segmentos pulposos de la naranja que contienen los sacos de jugo y las semillas. Estos segmentos están separados por membranas fibrosas. En el centro hay un núcleo medular, alrededor del cual se concentran la mayoría de las semi-

llas. La médula y las membranas se conocen como bagazo (92).

En la figura I se pueden apreciar las diferentes partes de la naranja representadas en un corte de la misma a la mitad.

FIGURA I.  
ESTRUCTURA DE LA NARANJA

Partes de la naranja:	Componente:	Porcentaje:
	Sacos de aceite del flavedo.	8-10
	Albedo	15-30
	Carpelos (contienen las células del jugo)	
	Jugo	40-45
	bagazo, pulpa, centro	20-30
SEMILLAS		0-4

El flavedo contiene el aceite de cáscara cuya presencia es deseada en el jugo en cantidades limitadas. El albedo, el bagazo la pulpa y las semillas tienen compuestos amargos que producen jugos amargos si se exprime la naranja excesivamente (61).

#### 4.2 PREPARACION DE LA FRUTA PARA EL PROCESAMIENTO.

Antes de ser cosechada la fruta destinada a proceso debe cumplir ciertos requisitos de madurez:

- 1) Color
- 2) Contenido mínimo de jugo
- 3) Porcentaje mínimo de sólidos solubles totales
- 4) Contenido de ácido (g/ml de ácido cítrico)
- 5) Índice de madurez =  $\frac{\text{Contenido de sólidos}}{\text{Ácido}}$  (Grados Brix)

Estas características son muy importantes y los valores de las mismas dependen de la variedad de naranja.

La fruta se recolecta a mano por operarios que desechan las naranjas dañadas y se lleva en camiones a la planta en donde hay unas rampas en donde la fruta se descarga por gravedad.

Al llegar a la planta la fruta se selecciona, se desechan las naranjas dañadas, demasiado suaves, demasiado maduras y las contaminadas (93).

Se toman muestras estadísticas de la fruta, las cuales se r. llevan al laboratorio en donde se determinan sus características fisicoquímicas, estos datos son la base para mezclar lotes que den características uniformes al jugo (por ejemplo pueden mezclarse 1 lote con alto contenido en sólidos y baja acidez con otro que tenga acidez alta y bajo contenido en sólidos).

La fruta puede almacenarse en la planta de 12 a 72 horas antes de ser procesada, para ello debe tener ventilación adecuada para evitar el crecimiento de hongos.

Las naranjas pasan a un lavado en cepillos rotatorios, agregando agua y detergente y después se enjuagan rociando agua.

Después del lavado las naranjas pasan por unos rodillos giratorios en donde los operarios vuelven a seleccionar la fruta y ac-modarla por tamaños (93).

#### 4.3 EXTRACCION Y TERMINADO.

Se utilizan principalmente 2 tipos de extractores:

Extractor FMC

Extractor Brawn.

Los extractores FMC rajan la fruta entera y cortan un ori-

ficio en la parte inferior de la naranja por el que sale el jugo. El aceite de la piel baja por la parte exterior de la naranja y se colecta por separado (61).

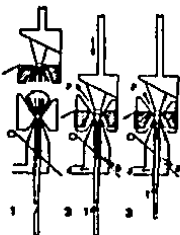
El extractor Brawn parte la fruta a la mitad y el jugo se remueve por presión o raspado de las mitades por separado. Las capas de piel se invierten en los raspadores para obtener el aceite de cáscara.

Los extractores mecánicos pueden ajustar su presión, al incrementar ésta hay mayor rendimiento de jugo pero cambia la composición de éste debido a segmentos de naranja y piel que se incorporan al jugo. Cuando se incorpora demasiado aceite de piel al jugo se obtienen jugos amargos (61).

#### 4.3.1 Extractor FMC.

El principio de operación del extractor FMC se muestra en la figura II.\*

FIGURA II.  
PRINCIPIO DE OPERACION DEL EXTRACTOR  
FMC.



\* Veldhuis, M. K.. Orange and Tangerine Juices, en Tressler y Joslyn, Fruit and Vegetable juice processing Technology, AVI Pub. Co., 2a edición, 1971.

La fruta se deposita en la copa inferior en donde un tubo de acero perfora la naranja cuando cae la copa superior.

Los "dedos" de las copas aprietan la fruta y el jugo desciende por el tubo y sale por "J".

En la parte inferior del tubo de acero hay un restrictor para evitar pérdidas del jugo. Cuando la parte superior se comprime el jugo remanente sale por la posición "T".

El aceite de cáscara se recupera al mismo tiempo que el jugo cuando la fruta es comprimida el aceite de la piel sale fuera de la fruta y un chorro de agua recupera el aceite que sale por la posición "O".

Existe un espacio entre el tubo central y los dedos superiores para facilitar la descarga de la piel en "P".

Se pueden cambiar los tipos de copas y utilizar diferentes grosores de tubos y restrictores para obtener jugos con diferentes características.

El restrictor permite que la operación de terminado se haga simultáneamente debido a que detiene semillas y pulpa (123).

#### 4.3.2 Extractor Brawn.

Los modelos Brawn producen un jugo de alta calidad, con bajo contenido en aceite de cáscara. Las máquinas se arreglan en batería y se ajustan al tamaño de la fruta.

Existen 3 modelos básicos (el brawn 400, el 700 y el 1100) que operan básicamente con el mismo principio.

La fruta entra a la máquina y se parte en dos mitades, que se orientan hacia unas piñas rotatorias de plástico sintético.

Cuando la fruta se deposita en las copas un plano inclinado presiona causando que las pifias rotatorias giren extrayendo el jugo.

El modelo 1100 permite que se divida el jugo en dos fracciones:

- 1) Jugo con bajo contenido de aceite de cáscara que se obtiene durante la primera parte de la extracción.
- 2) Jugo con alto contenido de aceite de cáscara obtenido al final de la extracción (93).

#### 4.3.3 Terminado.

La operación de terminado es una separación de sólidos para ajustar el contenido de pulpa dentro del jugo, en la cual se remueven pedazos de cáscara, piel y bagazo (61).

La operación de terminado se hace simultáneamente a la extracción cuando se utiliza el extractor FMC, ya que el restrictor que se encuentra en la parte inferior del tubo detiene los sólidos.

Cuando se usa el extractor brawn, la operación de terminado se lleva a cabo en un pulpeador, que es una máquina con un rodillo giratorio con aspas en espiral. El rodillo gira rápidamente en el centro y acarrea los sólidos (93).

#### 4.4 MEZCLADO.

Después de la operación de terminación el jugo pasa a un tanque de mezclado en donde se combinan jugos con características compatibles a fin de uniformizar las características del producto final.



En estos tanques se puede agregar azúcar para incrementar los grados Brix o la dulzura del jugo.

#### 4.5 JUGO DE NARANJA DE CONCENTRACIÓN SIMPLE.

El diagrama del proceso para elaboración del jugo de naranja de concentración simple enlatado, se puede observar en la figura III.

El jugo después de mezclado, puede pasar a desoxigenación a eliminación de excesos de aceite, después se pasteuriza y se enlata en caliente.

El proceso para elaborar el jugo de concentración simple es básicamente el mismo que el presentado en la figura III y solamente hay cambios en la última etapa del proceso si se quiere envasar el jugo en diferentes presentaciones.

##### 4.5.1 Eliminación del aceite.

La cantidad de aceite en el jugo se controla mediante ajustes en el extractor, sin embargo el contenido de aceite en los jugos varía y si se encuentra en una concentración mayor de 0.035% se generan sabores extraños (61).

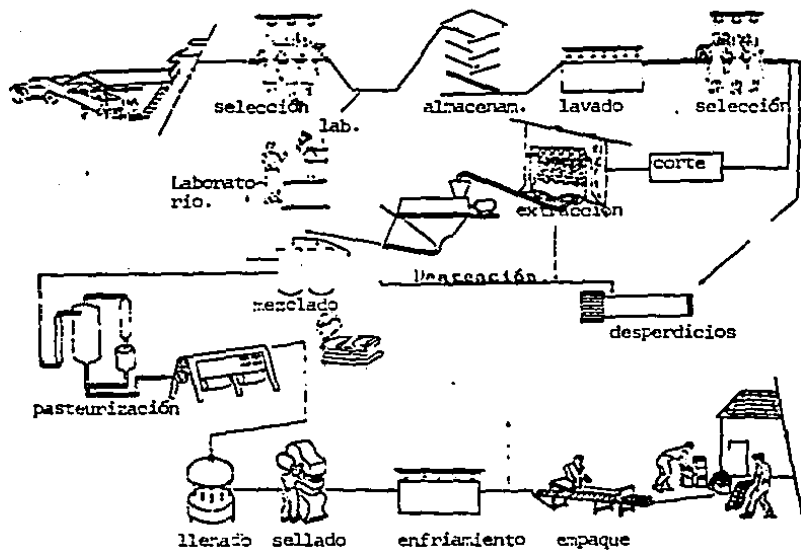
Para eliminar excesos de aceite de cáscara, el jugo se calienta en evaporadores pequeños a vacío a una temperatura de 51°C. para evaporar del 3 al 6% del mismo.

Cuando los vapores se condensan, el aceite se separa por decantación o centrifugación y la parte acuosa se reincorpora al jugo (93).

Un método para estimar el aceite recuperable se basa en la titulación del d-limoneno (ya que este hidrocarburo representa el 95% del aceite de cáscara). Este método consiste en destilar una

FIGURA III\*

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA ELABORACIÓN DE JUGO DE NARANJA ENLATADO DE CONCENTRACION SIMPLE.



\*Nagy, S., et al, Citrus Science and Technology, AVI Publishing Co., Westport Conn., 1977.

muestra del jugo con 2-propanol. El d-limoneno recuperado se oxida con bromuro de potasio (90).

#### 4.5.2 Deaeración.

La presencia de oxígeno en el jugo genera pérdida de la vitamina C y deteriora el sabor.

Sin embargo el oxígeno disuelto en los jugos desaparece rápidamente cuando este se enlata o envasa a altas temperaturas, por lo que no es necesario alguna operación adicional para eliminarlo.

Cuando el jugo se envasa en frío, el oxígeno debe eliminarse. El proceso de eliminación de aceite con evaporación al vacío elimina el oxígeno del jugo simultáneamente (123).

#### 4.5.3 Pasterurización.

En el jugo de naranja la pasteurización, no tiene como objetivo la destrucción de microorganismos, debido a que temperaturas menores a 65 °C a presión atmosférica son suficientes para destruirlos.

Sin embargo, el calentamiento a 93.3°C es necesario para inactivar la pectinestearasa y prevenir la pérdida de la nube de sólidos del jugo con la subsecuente pérdida del sabor, ya que los volátiles se pierden cuando precipita la pectina del jugo.

Por otra parte, el gusto y aroma delicados del jugo pueden tener cambios drásticos con el tratamiento térmico por lo que se debe pasteurizar lo más rápidamente posible (61).

El uso de pasteurización de alta temperatura corto tiempo con intercambiadores de calor tubulares o de placas, calentados con vapor o agua caliente, permite el tratamiento térmico por 30 seg.

o menos (61).

Las temperaturas y tiempos necesarios para inactivar a la pectinestearasa se mencionaron en el capítulo 2.

#### 4.5.4 Envasado.

El jugo de naranja de concentración simple se presenta comercialmente, en envases de vidrio, en lata, en envases de plástico y en cartones tetra brick.

El envasado se puede hacer en caliente (para el enlatado o envases de vidrio) o en frío (para los envases tetra-brick, el vidrio y los envases de plásticos) en condiciones asépticas.

##### 4.5.4.1 Envasado en caliente.

El jugo de naranja después de la pasteurización pasa a un proceso de llenado (en latas o jarras de vidrio térmico) en caliente. Para ello el jugo se mantiene caliente del pasteurizador y pasa directamente al envasado.

El proceso de llenado debe ser lo más rápido posible para evitar daños en el sabor, debidos a las altas temperaturas.

Para el enlatado, las latas pasan por una banda y se abren las válvulas que llenan las latas automáticamente, las latas se sellan conforme salen de las máquinas llenadoras. Las máquinas se ajustan para que pasen 20 segundos (que son necesarios para que se esterilicen las latas por el calor del jugo) y después pasan a un enfriamiento rápido con agua helada (93).

Es muy importante que no quede oxígeno en el espacio de cabeza para que no se dañe el sabor del jugo.

El vapor de agua que queda en el espacio de cabeza, al condensar, genera vacío.

#### 4.5.4.2 Envasado Aséptico.

Para el envasado en frío, las jarras de vidrio o cartones se esterilizan con agua caliente con una solución de cloro o iodo y se secan un momento antes del llenado.

El jugo se calienta a 115°C unos segundos en un pasteurizador con tubos muy delgados y un rango de transferencia de calor muy alto y después se enfría a 4°C. (93).

Se denomina envasado aséptico al proceso por el cual un producto es esterilizado comercialmente, enfriado a temperatura ambiente y llenado en un envase pre-esterilizado que debe sellarse herméticamente en un ambiente estéril (68).

En el año de 1981, la Food and Drug Administration aprobó la utilización de peróxido de hidrógeno como agente esterilizante del material de empaque en alimentos, el cual es utilizado actualmente.

El proceso general de envasado aséptico consta de las siguientes funciones básicas:

- 1.- Pre-esterilización del equipo.
- 2.- Pasteurización del producto
- 3.- Esterilización del material de empaque
- 4.- Formación de empaque
- 5.- Llenado y sellado hermético del envase en un medio estéril.

Para realizar la operación de pre-esterilización del equipo para productos de alta acidez se recomienda utilizar vapor de agua a una temperatura de 100-110°C, durante 30 minutos antes de comenzar la producción (68).

La realización del envasado comienza con la esterilización del material de empaque, que puede ser cartón laminado, latas, botellas de plástico o de vidrio. En segundo lugar el material de empaque se pone en contacto con el jugo pasteurizado o esterilizado, siempre en un medio estéril. (68).

El material de empaque tetra-brick que es el más utilizado para jugos el cual consta de papel, plástico y hojas de aluminio. Cada capa del envase cumple una función específica. Las capas de plástico de polietileno sirven como barrera a los líquidos y microorganismos y protegen al producto de una pérdida del aroma. La lámina de aluminio actúa como una barrera contra la luz, reduce la difusión de los compuestos volátiles y conduce el calor para sellar el envase durante el llenado (68).

#### 4.5.4.3 Comparación del proceso de llenado en caliente y del envasado aséptico.

La figura V muestra una comparación de los diagramas de flujo del llenado en caliente y del envasado aséptico del jugo de naranja.

En la figura VI se muestra una comparación de la relación tiempo temperatura entre el método de envasado aséptico y el llenado en caliente en botellas de vidrio

El método de envasado aséptico utiliza temperaturas bajas lo cual permite que se dañe menos el producto pero necesita de una desoxigenación que no es necesaria en el llenado en caliente (76).

FIGURA V.  
DIAGRAMAS DE BLOQUES DE LOS METODOS  
DE ENVASADO ASEPTICO Y DE LLENADO EN  
CALIENTE.

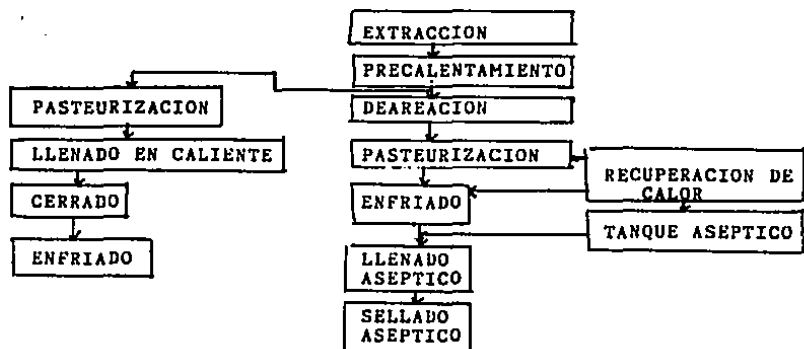
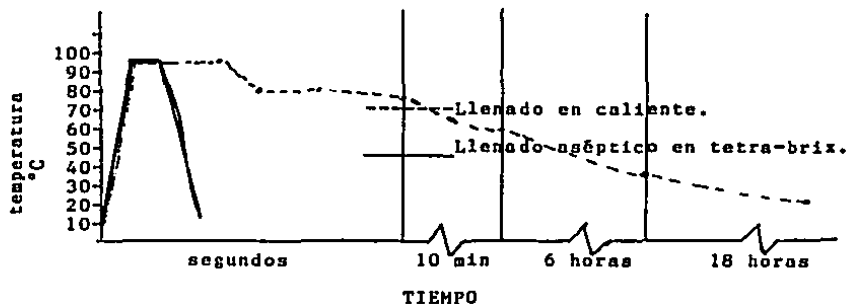


FIGURA VI  
COMPARACION DE LA RELACION TIEMPO TEMPERATURA  
ENTRE EL ENVASADO ASEPTICO Y LLENADO EN CALIENTE EN BOTELLAS DE  
VIDRIO.



#### 4.6 JUGO DE NARANJA CONCENTRADO CONGELADO.

El jugo de naranja concentrado congelado es un producto que pudo desarrollarse por la coincidencia de desarrollos en tecnología de alimentos, ingeniería de equipo y proceso, tecnologías de mercado y demanda del consumidor.

En cuanto a ingeniería de equipo se desarrollaron;

- 1) El evaporador de alta temperatura-corto tiempo
- 2) El evaporador de baja temperatura-alto vacío

Estos desarrollos permitieron reducir el daño térmico en el producto.

En tecnología de alimentos se desarrolló el concepto de "cut-back". Este concepto consiste en adicionar jugo fresco al concentrado. El producto original se sobre-concentra y después se agrega jugo fresco para restituir volátiles.

Esto permitió obtener un producto con sabor agradable, ya que durante la concentración se pierden los volátiles.

En cuanto a tecnologías de mercado se desarrollaron sistemas de distribución a bajas temperaturas, lo que permitió comercializar el producto.

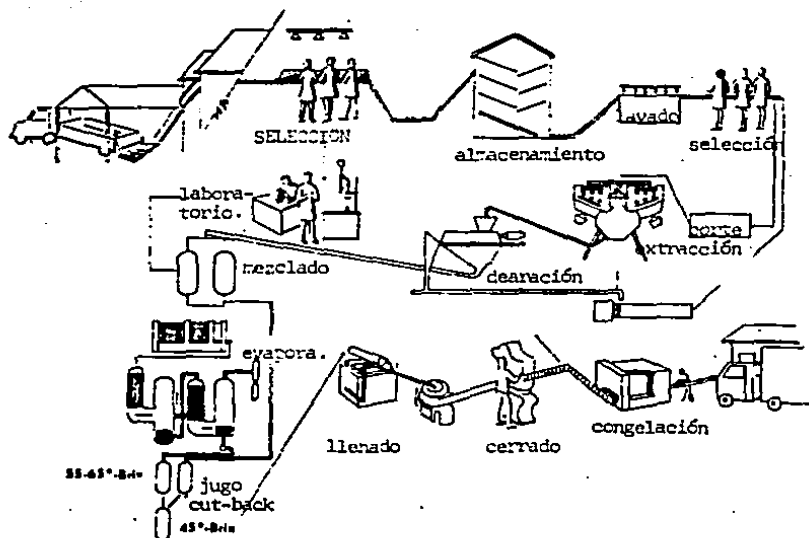
Finalmente el mayor uso de refrigeradores en el hogar hizo posible que el producto fuera demandado por el consumidor.

El proceso del jugo de naranja concentrado congelado se lleva a cabo igual que para el jugo de concentración simple hasta el mezclado, después se precalienta y se evapora hasta 65 grados Brix y seguido se diluye el producto base con jugo fresco hasta los 45 grados brix, se envasa y se congela.

El diagrama general de este proceso puede observarse en la



FIGURA VII.  
 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA ELABORACION DEL JUGO DE NARANJA CONCENTRADO  
 CONGELADO.



\* Tresler, D: K., et al, The freezing preservation of foods, V3,  
 AVI Publishing Co., Westport Conn., 1968.

figura VII.

También se comercializan concentrados a 62 grados Brix, los cuales tienen muchas ventajas sobre los concentrados a 45 grados brix:

- Se reduce la tendencia a la clarificación y formación de geles.
- Son más estables el sabor y la nube de sólidos del jugo.
- Se reducen costos de transporte.

El desarrollo de sistemas de recuperación de aromas ha hecho posible la elaboración de productos altamente concentrados de alta calidad.

#### 4.6.1 Evaporación.

El proceso de evaporación del jugo de naranja depende mucho del equipo disponible. Existen diferentes tipos de evaporadores de los cuales se seleccionaron aquellos que ilustran mejor los procedimientos de evaporación.

##### 4.6.1.1 Evaporador de Película Descendente.

El evaporador de la división de alimentos de Coca-Cola Co. consiste en una serie de cilindros de 91.4 cm de diámetro que se calientan con una chaqueta de agua caliente. El jugo se introduce al evaporador por aspersion en un flujo de caída.

Los vapores suben y se descargan en condensadores herméticos.

Los tubos son largos lo que permite que mientras el jugo cae se condensa y la vaporización continua mantiene la temperatura del jugo baja de 10 a 21°C.

##### 4.6.1.2 Evaporador de Ciclos refrigeración-calor.

Este evaporador es de ciclos refrigeración-calor en donde hay placas con gases calientes alternadas con placas de refrige-

rantes, aquí los vapores y las capas de jugo van en la misma dirección, los vapores se condensan en los intercambiadores de calor de placas refrigerantes, el producto pasa de un intercambiador a otro en un ciclo continuo en 3 estados conectados a un sistema de vacío (93).

#### 4.6.1.3 Evaporador de Alta temperatura corto tiempo (TASTE).

Este evaporador pasteuriza, evapora y estabiliza las enzimas del jugo al mismo tiempo.

El evaporador de 7 pasos sigue las condiciones que aparecen en la tabla IV.

TABLA IV  
CONDICIONES DE OPERACION DEL EVAPORADOR  
DE 7 PASOS (TASTE) PARA LA CONCENTRACION DE JUGO  
DE NARANJA.

Paso	PRODUCTO (KG)	TEMPERATURA °C	CONCENTRACION °Bx
Alimentación	36000	21	12
1	34000	40	13
2	27000	96	16
3	18000	88	33
4	11000	77	40
5	9000	63	48
6	8000	46	56
7	7000	40	63
FLASH	6800	16	66

Como puede observarse en el paso 2 se alcanza la temperatura de pasteurización y el producto se va condensando a diferentes temperaturas lo que minimiza el daño térmico (93).

#### 4.6.1.4 Cuidado y limpieza de los evaporadores.

Los evaporadores requieren de limpieza continua con una solución de sosa cáustica caliente y enjuagar con agua.

En los evaporadores de baja temperatura alto vacío puede haber crecimiento microbiano por lo que debe medirse continuamente el índice de diacetilo.

En los evaporadores de alta temperatura-corto tiempo se ven hojuelas en el concentrado o disminuye la capacidad de evaporación por falta de limpieza, Esto se debe a que sedimentan cristales del flavonoide hesperidina (15).

#### 4.6.2 Preparación del jugo "cut-back".

El jugo que se adiciona al final al concentrado para restaurar el sabor fresco tiene algunas variaciones en su preparación con respecto al jugo de concentración simple.

Para simular el jugo fresco que se extrae en casa, los tamices del extractor FMC o los pulpeadores del extractor Brawn - son de hoyos más grandes para dejar pasar pedasos de pulpa más grandes y sacos de jugo intactos (93).

Si el terminado es inadecuado se pueden utilizar centrifugas para reducir la cantidad de pulpa.

Estas son unidades tipo disco con válvulas en la periferia para descargar los sólidos. Esto se aplica primordialmente cuando hay fruta dañada o demasiado madura (33).

Se puede adicionar azúcar al concentrado pero es posible producir un jugo de buena calidad 100% jugo de naranja.

#### 4.6.3 Recuperación de aromas.

Cuando se desean preparar concentrados de jugo de naranja de alta concentración (60 grados Brix o más) es importante reestablecer el aroma ya que durante el proceso de evaporación se pierden los volátiles.

Algunos procesadores prefieren recuperar esencias en lugar de adicionar el jugo cut-back para impartir aroma fresco.

##### 4.6.3.1 Recuperación de esencias.

La esencia acuosa de naranja es la solución acuosa de los componentes volátiles del jugo fresco, tiene un aroma característico (frutal) representativo del jugo fresco (93).

En muchas plantas la recuperación de la esencia durante la concentración del jugo es parte del proceso de elaboración del jugo concentrado congelado (61).

El método de recuperación de esencias al vacío fue desarrollado por Wolford y Attaway en 1967, en el cual la esencia se recupera justo antes de alimentar el jugo al evaporador. Aproximadamente se evapora 15% del jugo y la fracción volátil se concentra en una serie de condensadores hasta obtener un volumen de 1/100 del jugo original. El producto obtenido es muy aromático (93).

Byer y Lang, desarrollaron un método en el que se recuperan los vapores que emanan en el primer paso de la condensación

cuando se utiliza el evaporador TASTE, por medio de la colocación de una bomba.

El vapor aromático se destila en una columna empacada y pasa a un refrigerante en donde las fracciones pesadas y el agua condensan por separado.

Para eficientar el proceso de recuperación de esencias puede incorporarse la unidad de recuperación dentro del mismo evaporador lo cual reduce los requerimientos de energía, se utilizan volúmenes de vapor más pequeños, columnas de fraccionamiento y condensadores más pequeños (93).

La calidad de las esencias recuperadas varía considerablemente por lo que para tener un producto uniforme se pueden recuperar grandes cantidades de esencia y luego mezclarlas.

La esencia es muy susceptible de oxidación, por lo que debe guardarse en contenedores cerrados sin espacio de cabeza y a una temperatura de 2°C. Además, el sabor que imparte la esencia se pierde gradualmente en el almacenamiento.

La esencia recuperada contiene más de 100 compuestos orgánicos volátiles de rangos de volatilidad desde el acetaldehído hasta el sesquiterpeno Valenceno, pero consiste principalmente de etanol (61).

El etanol, metanol, etil-butirato, acetaldehído, limoneno, etil-3-hidroxihexanoato y linalol son los componentes más abundantes de la esencia, de ellos sólo el acetaldehído es un componente de impacto de carácter que imparte sabor típico de jugo de naranja (61).

Los componentes volátiles que se recuperan en la esencia de naranja se enlistan en la tabla V. Kealey, et al (61).

TABLA V  
COMPONENTES VOLATILES IDENTIFICADOS EN LA ESENCIA DE NARANJA

## ALCOHOLES:

metanol	geraniol
etanol	3-metil butan-1-ol
1-propanol	trans-2-hexen-1-ol
2-butanol	carveol
1-butanol	isopentanol
2-pentanol	2-hexanol
1-pentanol	2-pentil-etanol
1-hexanol	isohexanol
cis-3-hexen-1-ol	2-nonanol
isobutanol	2-metil-1-butanol
metilheptenol	heptanol
linalool	1,8-p-mentadien-9-ol
2-metil-3-buten-2-ol	Cis-2,8-p-mentadien-1-ol
isobutanol	trans-2,8-p-mentadien-1-ol
1-penten-3-ol	8-p-menten-1,2-diol
1-octanol	
Terpinen-4-ol	HIDROCARBUROS:
1-nonanol	alfa-pineno
alfa-terpineol	beta-pineno
1-decanol	cariofileno
-citronelol	d-limoneno
nerol	valenceno

TABLA V  
(continuación)

mirceno	OXIDOS:
alfa-terpineno	oxido de cis-linalool
gamma-terpineno	oxido de trans-linalool
delta-3-careno	oxido de cis-limoneno
terpinoleno	oxido de trans-limoneno
p-cimeno	
alfa-felandreno	ESTERES:
beta-felandreno	etilacetato
benzeno	etil butirato
bifenilo	etil caproato
ciclohexano	etil caprilato
alfa-tujeno	acetato de linalil
etil-benzeno	formato de terpinil
hexano	Citronelil butirato
p-isopropilen-tolueno	etil propionato
metano	metil butirato
metil-ciclopentano	metil hexanoato
2-metilpentano	etil exanoato
3-metilpentano	etil-3-hidroxihexanoato
tolueno	etil-ocetanoato
O-xileno	octil acetato
m-xileno	acetato de citronelilo



TABLA V.  
(continuación)

octil butirato	n-hexanal
metil-n-metil-antranilato	2-hexenal
terpinil acetato	1-octanal
butil butirato	1-nonanal
etil decanoato	1-decanal
metil-3hidroxihexanoato	neral
isovalerato	geranial
	carvona
ACIDOS:	2-octenal
formico	metil-heptenona
acético	undecanal
propiónico	citronelal
butírico	alfa-etil-butiraldehido
caproico	benzaldehido
capríco	perilaldehido
isovalerico	gama-decanolactona
valerico	etil vinil cetona
isocaprícoico	2-octenol
caprílico	malonaldehido
hexanoico	furfural
octanoico	nootkatona
ALDEHIDOS Y CETONAS:	piperitona
acetona	butiraldehido
acetaldehido	3-etoxihexanal

TABLA V.  
(continuación)

2-etilhexanal	4-metil-2-pentanona
trans-2-pentenal	2-octanona
propionaldehído	2-pentanona
butanona	

La etil vinil cetona tiene un fuerte olor tipo acetileno y puede contribuir significativamente al sabor a naranja. El trans-2-pentenal se detecta en el valor umbral de 100-150 ppb y se caracteriza por un sabor afrutado y cierta astringencia (61).

#### 4.6.3.2 Aceite esencial de naranja.

Durante la concentración del jugo de naranja fresco, una fracción del aceite se condensa simultáneamente y es separado - después de la fracción acuosa. Esta fracción oleosa contiene los componentes volátiles del aceite de cáscara de naranja y posee perfiles de aroma similares a los de la esencia de naranja (61).

El aceite esencial es un subproducto de la producción de esencia acuosa, sin embargo es un agente potencial de sabor a - naranja.

En la tabla VI se muestran los componentes que contiene el aceite esencial.

El mayor constituyente es el d-limoneno. Los análisis indican que el etil-butarato es el único componente observado en

el aceite esencial que no se observa en los aceites preparados en frío.

COMPOSICION CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DE ACEITES ESENCIALES DE NARANJA (PORCENTAJE APROXIMADO)

COMPONENTE	MIDSEASON	VALENCIA
acetona		0.35%
carvona	0.01%	7.8
trans-carveol	-	4.9
cariofileno	0.04	0.02
citronelol	0.0005	-
alfa-copaeno	0.008	0.013
p-cimeno	-	0.95
n-decanol	0.11	0.01
ndodecanol	-	0.025
beta-elemeno	0.04	0.02
etilbutirato	-	0.0004
d-limoneno	97	84.72
linalool	0.3	0.06
1,8-pmentadien-9-ol	-	0.001
1,8-p-menten-1,2-diol	0.002	-
mircenol	0.03	0.04
n-nonanol	0.004	0.007
n-octanol	0.5	0.005
perilaldehido	-	0.015
alfa-pineno	-	0.006
piperitona	0.0005	0.03

\* Kealey, K. S., (61).

TABLA VI  
(continuación)

COMPONENTE	MIDSEASON	VALENCIA
sabineno	-	0.0004
alfa-terpineol	0.5	-
n-undecanol	-	0.2
valenceno	1.9	0.7

El aceite esencial también se distingue del aceite de cáscara por la ausencia de aldehídos saturados de cadena recta.

Algunos componentes volátiles del aceite esencial no encontrados en la esencia acuosa pueden contribuir al aroma del jugo

Shaw y Coleman, en 1975, usaron volátiles del aceite esencial para impartir sabor al jugo y concluyeron que podía mejorar el sabor utilizándolo mezclado con esencia acuosa (117).

#### 4.6.3.3 Orígenes de nuevos sabores.

Las técnicas de remoción al vacío han sido utilizadas para recuperar aromas del jugo de naranja. La solución de aroma es recuperada utilizando un solvente en la bomba de vacío, el producto obtenido tiene un carácter diferente al de la esencia acuosa (61)

Estas soluciones tienen un aroma agradable cuando se evalúan sensorialmente y la adición de aceite de cáscara a las mismas mejora este impacto.

Se han utilizado métodos de remoción por vapor y destilación para recuperar los componentes oleosos de los ofluentes acuosos del aceite de cáscara. El destilado acuoso resultante tiene potencial de mejorador del sabor (61)

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Otras posibles fuentes de sabor pueden ser la explotación y la acción de reciclar las corrientes de desperdicio de los procesos de los cítricos.

Lund y Coleman prepararon un concentrado de naranja con poder saborizante basado en la adsorción de aceite esencial en almidón de arroz tratado con metanol (61).

Japikse, et al, en 1987, relatan la preparación de composiciones de aroma y sabor preparadas por extracción con un gas solvente. El producto obtenido contiene altas concentraciones de etil-butilato (0.50%) y valenceno (5%) y bajas concentraciones de decanal(0.35%).

El producto se prepara :

- a) Poniendo en contacto un gas solvente con productos aromáticos de la naranja (aceite esencial, etc) a altas temperaturas para extraer con peso molecular menor o igual al del limoneno.
- b) Separando este gas del producto
- c) Separando los compuestos disueltos del gas. (53).

#### 4.6.4 Congelación del concentrado.

El jugo concentrado pasa a un pre-enfriamiento., y después se congela a  $-18^{\circ}\text{C}$ .

Se han estudiado formas de concentrar el jugo por congelamiento, separando los cristales por centrifugación

El concentrado por congelamiento se buscó para no perder los aromas por tratamiento térmico, pero con las técnicas de recuperación de aromas los evaporadores de múltiple efecto son más

eficientes.

Además en el concentrado por congelación se pierden los sólidos solubles y la materia suspendida(85).

#### 4.7 JUGOS DESHIDRATADOS.

El jugo de naranja contiene de 85 a 90% de agua. La producción de jugo de naranja deshidratado es factible por la tecnología de secado por sublimación, algunos tipos de secado por aspersión, secado al vacío y secado en espuma.

Cualquier tipo de tecnología que se utilice nos trae dos consecuencias:

- 1) Al remover la humedad del jugo concentrado se deteriora mucho la calidad y no parece razonable obtener productos de alta calidad de sabor.
- 2) Se requiere más energía en el proceso y se incrementa por lo tanto el costo.

La ventaja es que el producto es estable a temperatura ambiente y los costos de distribución son más bajos, solamente en el caso de que el producto se tenga que llevar a lugares lejanos.

##### 4.7.1 Secado al Vacío.

En 1957, Strashum y Tolbert, desarrollaron un método de deshidratación al vacío. Se desarrolló un polvo con 60% de sólidos de naranja y 40% de jarabe de maíz, el cual daba una estructura porosa que permitía un secado rápido.

El producto resultante queda con un 3% de humedad y es altamente higroscópico. Para poder secar más el producto se le a-

diciona. Óxido de calcio que reduce la humedad a 1.5% dejando un producto con buena estabilidad a temperatura ambiente.

El polvo de 100% jugo de naranja secado al vacío se desarrolla por Nottler en proceso continuo con una cama de acero inoxidable en una cámara de vacío.

El sabor de estos productos no se aproxima al de los otros productos procesados(93).

#### 4.7.2 Liofilización.

Berry y Focher en 1968, desarrollaron un proceso en donde el vapor se elimina del jugo mediante sublimación al vacío, se reportó que hay dificultad para mantener congelados los jugos de alta concentración por lo que se utilizó un jugo concentrado a 35 grados Brix y en cuanto el producto llegó a su punto eutéctico se metió a vacío.

El producto tiene alta calidad, pero no se usa comercialmente ya que requiere alto vacío y refrigeración y queda con 3% de humedad, requiriendo un empaque desecante o un segundo secado.

El secado por liofilización no es práctico para el jugo de naranja ya que este producto se consume con 10 a 13% de sólidos. (93).

#### 4.7.3 Secado por espuma.

El jugo de naranja, como otros alimentos con alto contenido de azúcares, causa muchos problemas con cualquier sistema de deshidratación a altas temperaturas debido a que los azúcares tienden a caramelizarse cuando se remueve el agua.

La sacarosa y el azúcar invertido (mitad glucosa y mitad fructosa) son especialmente problemáticos para cristalizar sin caramelizarse.

Estos productos requieren usualmente de 2 pasos para su secado:

- 1) Remoción de gran parte de la humedad (cerca del 75-85%) utilizando la temperatura más alta posible para una óptima eficiencia.
- 2) Remoción de la humedad restante (10-15%) durante el enfriamiento para la solidificación de los azúcares.

El procedimiento de secado por espuma se desarrolló para deshidratar alimentos líquidos con altos contenidos de azúcares.

El material con el que comienza este proceso es un jugo concentrado preparado por cualquiera de los procedimientos mencionados anteriormente y un estabilizador como la metilcelulosa (aproximadamente 0.5%). Cuando el jugo sea reconstituido la concentración de la metilcelulosa será de 0.05% o menos.

En este proceso el concentrado líquido se mezcla con un agente espumante (como la metilcelulosa o albúmina de soya) y después se distribuye en una charola de secado o en una banda y se seca con aire caliente a presión atmosférica (93).

La espuma crea una estructura porosa que ayuda a un secado rápido, de esta manera el daño al sabor es muy ligero durante el proceso de secado.



El concentrado a 50-60 grados brix se mezcla con metilcelulosa en una tolva y con aire o nitrógeno se forma una espuma estable y espesa ( con una consistencia parecida a la crema de malvavisco) que es bombeada a un distribuidor de espuma.

La espuma se distribuye en una capa fina de 3 a 6 mm de espesor sobre charolas perforadas de acero inoxidable y luego se pasa aire caliente con unas boquillas. La capa de espuma perforada permite que el aire pase facilitando la remoción de la humedad.

La charola con la capa de espuma se transfiere a una sección de secado durante 12 minutos. En esta sección de secado la charola con espuma se somete a temperaturas de 93°C, después de 77°C y finalmente de 49-54°C. El material sale humedo y pegajoso pero se ha removido el 90% de la humedad.

Las charolas se transfieren a una sección de secado en frio con aire dehumidificado en donde permanecen 3 minutos y pierden la humedad restante. Finalmente la charola se raspa con una cuchilla y el material seco pasa a un cuarto dehumidificado para su posterior procesamiento.

El polvo final tiene de 1 a 5% de humedad y es muy fino por lo que existen problemas para disolverse en agua ya que sube a la superficie por lo que pasa por unos rodillos a alta presión en donde se forman hojuelas que pueden disolverse fácilmente. El proceso llamado de microhojuelas es una adaptación del secado por espuma (93).

#### 4.7.4 El sabor de el jugo de naranja deshidratado.

Todos los productos deshidratados del jugo de naranja pierden gran parte de los constituyentes volátiles durante el secado, por lo que deben ser reemplazados para restituir el aroma y sabor.

Normalmente el sabor de los productos deshidratados de jugo de naranja se restituye con aceite esencial ya sea encapsulado o formando una capa exterior al gránulo.

Se hacen emulsiones sólidas de los aceites esenciales con sorbitol o azúcares (40).

**CAPITULO 5**  
**CAMBIOS EN EL SABOR DEL JUGO DE**  
**NARANJA DURANTE EL PROCESAMIENTO**  
**Y ALMACENAMIENTO.**

El sabor del jugo de naranja procesado para fines comerciales, es difícil de evaluar objetivamente. Sólo por las diferentes variedades de naranjas utilizadas comercialmente, el sabor de una muestra procesada puede ser significativamente diferente a otra.

El jugo de naranja puede sufrir cambios en el sabor como resultando de las reacciones químicas que ocurren por las condiciones del procesamiento y almacenamiento.

Los cambios ocurridos en los jugos cítricos después de su procesamiento y subsecuente almacenamiento se pueden dividir en 2 tipos:

- 1.- Pérdida del sabor original
- 2.- Desarrollo de sabores extraños o diferentes a los del jugo fresco.

Debido a que existen gran cantidad de sustancias que forman parte del jugo de naranja, las interacciones entre ellas ocurren frecuentemente y algunas de estas interacciones dan origen al desarrollo de sabores no deseados.

Además el tratamiento térmico en los procesos puede acelerar muchas de estas reacciones y provocar pérdidas de volátiles. Otras condiciones del proceso, si no son bien controladas, pueden ayudar a la formación de sabores extraños, tales como:

La incorporación de oxígeno en los productos.

La incorporación accidental del aceite de cáscara.

Contaminación microbiana por descuido en el proceso.

Exprimir excesivamente la fruta.

Para explicar los cambios de sabor que ocurren en el jugo de naranja durante su procesamiento y almacenamiento examinaremos

los cambios que ocurren en la fracción volátil de los diferentes productos procesados y las teorías para explicar la formación de sabores extraños.

### 5.1 Alteraciones de la fracción volátil del jugo de naranja.

Los compuestos volátiles del jugo de naranja sufren, durante el procesamiento, considerables variaciones que influyen fuertemente en las características de sabor.

#### 5.1.1 Alteraciones en jugos enlatados o envasados en caliente.

Tatum, y colaboradores, en 1975, aislaron once compuestos de degradación en jugos de naranja enlatados y almacenados a 35 °C durante 12 semanas. De ellos se han identificado los siguientes: ácido benzoico, 2,5-dimetil-4-hidroxi-3(2H)-furanona, furfural, 2-hidroxiacetilfuranona, 5-hidroxiacetilfurfural, 3-hidroxi-2-pirona, cis-1,8-pmentanodiol, trans-1,8-pmentanodiol, alfa-terpineol y 4-vinilguayacol.(7).

El principal responsable del olor y sabor desagradable del jugo es el 4-vinilguayacol: este compuesto, da origen a un sabor a jugo viejo y podrido.

También la 2,5-dimetil-4-hidroxi-3(2H)-furanona contribuye a modificar las características sensoriales del jugo. Cuando está presente en una concentración superior a su umbral de detección (mayor de 0.05 ppb) imparte un sabor que recuerda al de la piña, de cuya fracción aromática es componente fundamental (7).

El furfural y el alfa-terpineol se encuentran en el jugo fresco, pero en pequeñas cantidades que aumentan con el tratamiento térmico. Estos dos compuestos han sido sugeridos como indicadores del tiempo de almacenamiento (alfa-terpineol) y del

tratamiento térmico (furfural).

El tratamiento térmico y el almacenamiento pueden alterar el contenido de otros volátiles del jugo. En el tratamiento a 80°C durante 10 minutos aumentan claramente los contenidos de n-hexanal, y n-octanal y, de forma ligera los de n-hexenal, alfa-pineno y otros. Para tratamientos más enérgicos (80°C durante 20 minutos) aumenta la concentración de n-decanal.

Por otra parte, durante el almacenamiento en botellas de vidrio se presenta un incremento inicial de nhexanal, n-hexenal y n-octanal, seguido de una disminución lenta.

Los compuestos terpénicos también presentan cambios. Las concentraciones de limoneno y linalol disminuyen y disminuyen el alfa terpineol y el terpinoleno (7).

5.1.2 Alteraciones de jugos envasados asépticamente en botellas de vidrio y empaque de cartón (tetra-brix).

5.1.2.1 Cambios durante el llenado del envase.

La tabla VII muestra un pequeño decremento de los aldehidos que pueden contribuir a la diferencia del sabor de los jugos - antes y después del llenado.

TABLA VII\*  
CAMBIOS CUANTITATIVOS DE LOS VOLATILES DURANTE LA PASTEURIZACION Y LLENADO DEL ENVASE ASEPTICO (ppm)

VOLATIL	ANTES DEL LLENADO	DESPUES DEL LLEN.
d-limoneno	220	180
linalol	1.54	1.41
neral	0.08	0.07
geranial	0.14	0.11
octanal	1.34	0.96

\*Kryger, A. C. (68).

TABLE VII  
(continuación)

VOLATIL	ANTES DEL LLENADO	DESPUES DEL LLEN
decanal	2.37	0.78
alfa-terpineol	1.04	0.92

#### 5.1.2.2 Cambios del aroma durante el almacenamiento.

Un problema que se ha detectado es la adsorción del aceite esencial por el polietileno de los envases asépticos.

El principal constituyente del aceite esencial es el d-limoneno, el cual no contribuye significativamente al sabor y aroma del jugo (46). Sin embargo es acarreador de los compuestos oxigenados tales como, alcoholes, cetonas, ácidos y ésteres que son responsables del aroma característico del jugo.

Independientemente de la temperatura de almacenamiento, la pérdida del d-limoneno y de los compuestos responsables del sabor, alcanza un equilibrio a los 4 días (46).

En comparación con el jugo de naranja envasado en vidrio, los jugos envasados en cartones con polietileno experimentan una pérdida mayor de d-limoneno. Como se muestra en la figura VIII, en donde se realizó una adición de partes iguales de d-limoneno (100 y 200 ppm) reportándose una pérdida del 40% en envases con polietileno después de 40 días de almacenamiento (57).

El incremento de alfa-terpineol se muestra en la figura IX. Este incremento es lineal durante 90 días y es mucho más dependiente de la temperatura de almacenamiento que de el contenido inicial de limoneno en el jugo.

FIGURA VIII\*

DECREMENTO DEL D-LIMONENO EN EL JUGO DE NARANJA ALMACENADO A 20°C  
EN ENVASES DE VIDRIO Y ASEPTICOS.

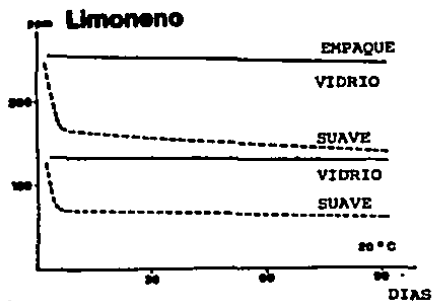
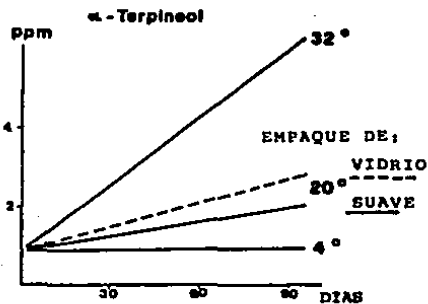


FIGURA IX\*

INCREMENTO DEL ALFA-TERPINEOL EN EL JUGO DE NARANJA ALMACENADO



\* Fuente: Schreiner, P., Changes of flavour compounds during the processing of citrus juices, Long Ashton Sump., Proc., 7th, 1981.



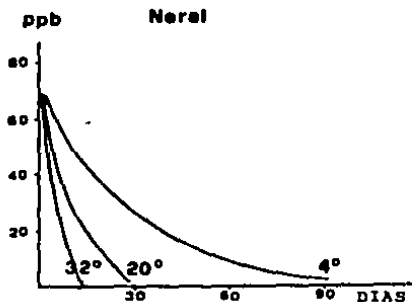
Después de 13 días a 32°C en envases suaves el jugo se describe como viejo, rancio y mohoso y después de 27 días como putrefacto. El jugo a 20°C se describe de manera similar después de 90 días y por último el jugo almacenado a 4°C sigue siendo aceptable.

El decremento de los componentes deseables del aroma decrece fuertemente en relación al aumento de temperatura de almacenamiento y es independiente del tipo de envase utilizado y del contenido inicial de aceite de cáscara (76).

En la figura X se muestra el decremento del neral durante el almacenamiento el cual es un isómero del citral. Otros componentes del aroma como el geranial, octanal y decanal sufren decrementos similares al neral.

El incremento de alfa-terpineol es mayor en el envase de vidrio que en el envase aséptico. El sabor del jugo envasado en vidrio se torna desagradable después de 27 días a 20 grados centígrados el de envase suave es calificado igual a los 90 días (76).

FIGURA X. DECREMENTO DEL NERAL.



## 5.1.3 Alteraciones en el jugo pasteurizado:

En la tabla VIII aparecen los cambios que ocurren en los principales componentes del jugo de naranja fresco y pasteurizado. (114).

TABLA VIII  
CONCENTRACIONES DE ALGUNOS COMPONENTES DEL AROMA EN JUGO DE NARANJA FRESCO Y PASTEURIZADO

COMPONENTE	CONCENTRACION (ppb)	
	Jugo fresco	Jugo pasteurizado
alfa-pineno	22	20
mirreno	68	88
limoneno	4100	4500
beta-cariofileno	10	5
valenceno	200	120
hexanal	260	230
decanal	14	15
citral	45	37
etil butanoato	290	300
etil hexanoato	15	15
acetato de citronelilo	10	10
acetato de nerilo	9	12
etil-3-hidroxibutanoato	110	93
metil-3-hidroxihexanoato	460	380
Linalol	150	130
<u>4-terpineol</u>	42	120
<u>alfa-terpineol</u>	93	270
<u>carveol</u>	10	170
geraniol	9	10
citronelol	15	12
nerol	9	7
trans-p-menten-9-ol	15	12
<u>trans-2,8-mentadien-1-ol</u>	44	166
cis-linaloxido	trazas	trazas

\* Fuente: Koch, J., (65)

tabla VIII  
(continuación)

COMPONENTE	CONCENTRACION (ppb)	
	Jugo fresco	Jugo pasteurizado
trans-linaloxido	15	14
<u>3--hidroxi-2-butanona</u>	-	59
<u>3-metil-2-buten-1-ol</u>	-	455
1-hexanol	26	30
cis-3-hexen-ol	50	45
1-octanol	10	12

El limoneno es el constituyente mayoritario tanto en el jugo fresco como en el pasteurizado. Los componentes subrayados son los que sufren los mayores cambios por la pasteurización.

#### 5.1.4 Alteraciones en el jugo concentrado congelado.

Cuando el jugo de naranja se concentra en un evaporador de película fina muchos de los componentes volátiles quedan en el destilado pero algunos componentes se incrementan en el concentrado:

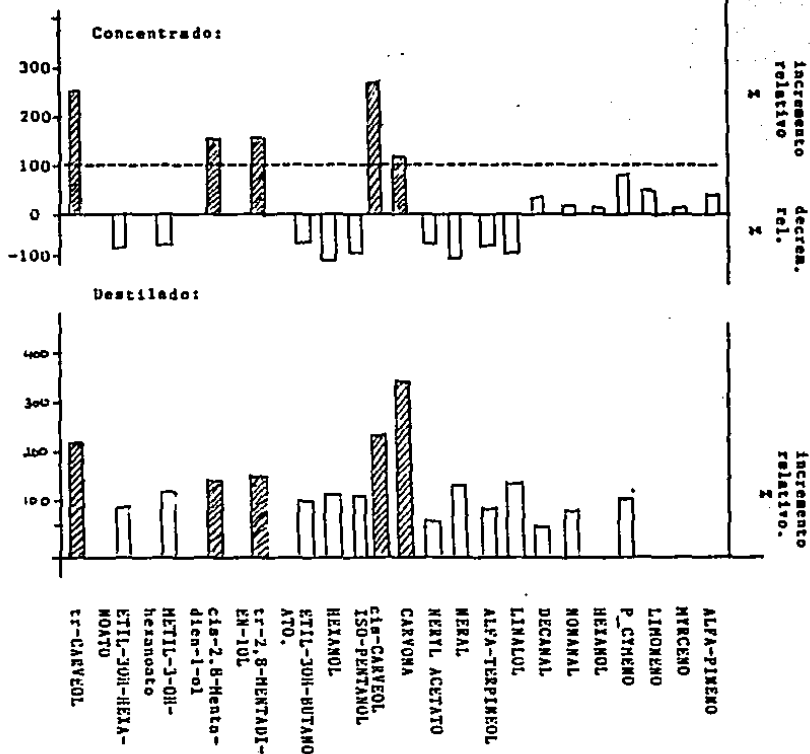
En la figura XI se muestran los incrementos de los componentes en el concentrado y en el destilado. Los valores se expresan como porcentaje del constituyente del aroma en el jugo original, de tal forma que si se tiene la misma cantidad de una sustancia aromática en el destilado y en el jugo original el valor será de 100%.

Algunos componentes se incrementan tanto en el destilado como en el concentrado. Estos son producto de la concentración térmica, y son carveol, cis y trans-2,8,mentadien-1-ol y en particular cis y trans carveol. Durante la concentración térmica se incrementa poco el terpineol en contraste con las grandes cantidades de éste que se forman durante la producción del jugo y el alma-

cenamiento. (114).

Figura XI.

INCREMENTOS RELATIVOS (%) DE LOS COMPONENTES DEL AROMA DESPUES DE LA EVAPORACION EN PELICULA DEL JUGO DE NARANAJA.



Fuente: Durr y Shobinger (38).

5.1.5 Formación de los compuestos de aroma secundarios o componentes de sabor extraño.

La formación de los componentes secundarios del aroma durante el procesamiento del jugo de naranja resultan de diferentes reacciones de los distintos componentes del jugo original.

A los componentes del jugo original que reaccionan dando lugar a compuestos de sabor extraño se les conoce como precursores de los sabores extraños.

5.1.5.1 Reacciones de deshidratación-hidratación ácido catalíticas (ACDH).

El p-cimeno y el alfa-terpineol se forman mediante reacciones de hidratación-deshidratación, con ácido como catalizador.

El para-cimeno puede formarse del citral o del alfa terpineno ya que considerables cantidades de ambos componentes se pierden durante la concentración del jugo de naranja (114).

Las reacciones de la figura XII son independientes de la cantidad de oxígeno presente.

5.1.5.2 Procesos oxidativos.

El carveol, carvona, y 2,8-mentadien-1-ol son procesos oxidativos.

Estos compuestos se originan del d-limoneno y envuelven como posibles intermediarios estructuras de radicales.

Los grupos alfa-metileno son centros activos que pueden reaccionar fácilmente sin la necesidad de acción catalítica enzimática.

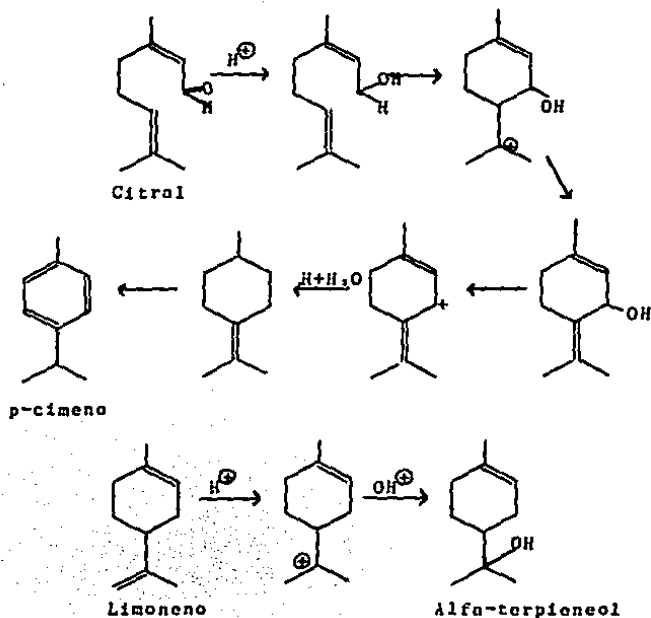
Las reacciones de oxidación del d-limoneno vía radicales se muestran en la figura XIII.

FIGURA XII

MECANISMO DE FORMACION ACIDO-CATALIZADO DE a) p-CIMENO DEL CITRAL  
Y b) ALFA-TERPINEOL DEL LIMONENO.

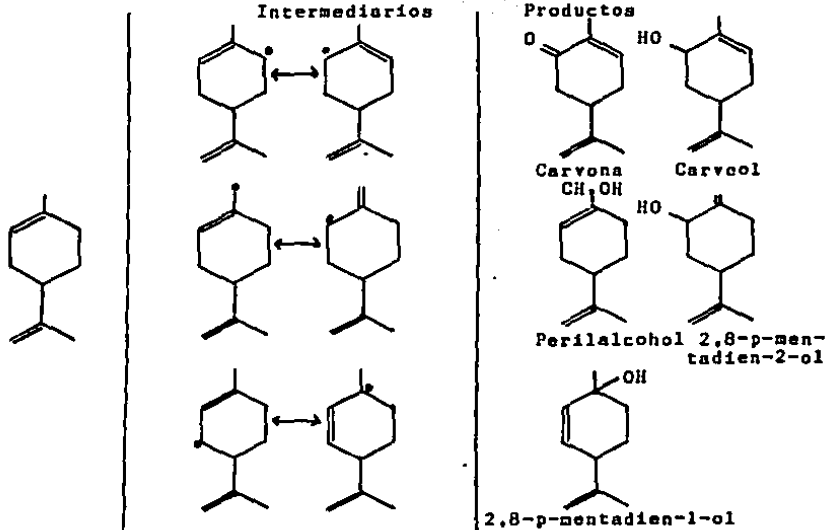
a) Mecanismo propuesto por Loori y Cover en 1964.

b) Mecanismo propuesto por Simonsen y Owen en 1947.



Fuente: Schreiner, P., Cambios en los componentes del sabor en jugos de frutas procesados, Institut für Lebensmitteltechnologie und Analytische Chemie der Technischen Universität München, West Germany, 1981.

FIGURA XIII  
PRODUCTOS DE OXIDACION DEL LIMONENO POR MECANISMO DE RADICALES.



Fuente: Schreiner, P.. (114)

5.1.6 Contribución a los sabores extraños de los volátiles del jugo de naranja.

Un componente que se reconoce como crítico en el aroma del jugo de naranja es el alfa-terpineol (38). El alfa terpineol puro tiene un aroma a lilas. Cuando se adiciona al jugo de naranja en cantidades de 3ppm, el aroma del jugo se describe como viejo y parcialmente rancio. El umbral de detección del alfa terpineol en el jugo de naranja está en el rango de 1 ppm, puede formarse a partir del limoneno y del linalol en reacciones acido-catalíticas no oxidativas (114).

Debido a que existe un incremento lineal y regular del alfa-terpineol en el almacenamiento, dependiente de la temperatura, Askar y colaboradores han recomendado el nivel de alfa-terpineol como parámetro de calidad en el jugo de naranja.

Los aromas desagradables terpenados se atribuyen principalmente a la carvona y el carveol formados por la oxidación del d-limoneno.

Los sabores oxidados de los cítricos conocidos como sabores "COF" aparecen principalmente en los productos concentrados y son más intensos si se incorpora aire dentro del producto antes de ser congelado. Estos sabores se describen como a sebo, cartón o aceite de castor (99).

Los productos de degradación del limoneno por vía radicalica libres tienen mucho que ver con este tipo de sabores oxidados, y también la oxidación de los lípidos(65).

Los principales precursores volátiles del sabor extraño y los principales componentes del sabor indeseable aparecen en la tabla IX.

TABLA IX \*

CONTRIBUCION DE LOS VOLATILES A LA DEGRADACION DEL AROMA O DESARROLLO DE SABORES EXTRAÑOS.

PRECURSORES	AROMA DESAGRADABLE
Linalol	alfa-terpineol
limoneno	carvona
valenceno	trans-carveol
citral	nootkatona
	hexanal
	trans-2-hexenal
	hexanol

\*Durr, P., y Schobinger, U., (38).



TABLA IX.  
(continuación)

PRECURSORES	AROMA DESAGRADABLE
	4-VINILGUAYACOL
	2,5-dimetil-4-hidroxi-3-(2H)-furanona

Fuente: Durr y Shoebinger (38).

5.2 Formación de sabores extraños a partir de componentes no volátiles.

La formación de sabores amargos se expuso en el capítulo 2 por lo que no se incluye en este capítulo.

5.2.1 Papel de los lípidos.

La composición y concentración de los lípidos en el jugo de naranja depende de la variedad de la fruta, el método de extracción, la cantidad de pulpa presente, y las diferentes variables del proceso.

El hecho de que los lípidos se encuentren en pequeñas cantidades en el jugo, no quita su gran importancia en la producción de sabores extraños. (aprox 0.18%).

La composición de lípidos en el jugo de naranja es: Lípidos neutros 24-35%, Glicolípidos 18-23%, y lípidos polares 24-53% (91). De los lípidos polares los que se encuentran en mayor concentración son los fosfolípidos (87). El 92% de los ácidos grasos lo conforman el ácido:

Palmitico, palmitoleico, oleico, linoleico y linolénico. (96).

El jugo de naranja que se almacena a altas temperaturas acumula ácidos grasos insaturados, no esterificados. Estos ácidos

grasos son importantes precursores de los sabores extraños (90).

Los cambios en los lípidos se basan en la hidrólisis parcial o completa de los lípidos (principalmente fosfolípidos) a ácidos grasos, seguidos por la oxidación de los ácidos grasos insaturados (87).

Los productos de oxidación de los ácidos grasos incluyen compuestos de aroma y sabor desagradable tales como alh-2,4-dienales 2-octenal y n-hexanal, trans-2hexenal, y 1 hexanol (91).

El hexanal y el trans-2-hexenal imparten un sabor herbáceo o a fruta inmadura.

El malonaldehído se ha encontrado en la esencia comercial de jugo de naranja y se produce por una degradación de los compuestos producidos por la oxidación de los lípidos (20).

Este compuesto no está presente en el jugo de naranja fresco y se encuentra después del procesamiento y almacenamiento, y puede ser utilizado como un indicador de la formación de compuestos carbonílicos y como índice de la autooxidación de los lípidos, aunque no tiene un efecto directo en la calidad de la esencia (20).

El malonaldehído se hace reaccionar con ácido tiobarbitúrico y se analiza por espectrofotometría (20).

#### 5.2.2 Actividad enzimática.

Cuando el jugo se extrae de la fruta, el ácido liberado de las vacuolas rápidamente inactiva muchas de las enzimas presentes. Solo pocas enzimas quedan activas en el jugo fresco, estas son la pectinestearasa, alcoholdehidrogenasa, acetilestearasa y la peroxidasa (61).

La acetilstearasa y la alcoholdehidrogenasa, reaccionan con ésteres aldehídos y alcoholes (que son los compuestos importantes del aroma del jugo). Su contribución al sabor del jugo no está claramente definida. La peroxidasa cítrica no causa detrimentos en el sabor, sin embargo su rango de destrucción por el tratamiento térmico es paralelo al de otras enzimas por lo que su rango de actividad puede ser utilizado como indicador del sabor adverso producido por otras enzimas (61).

En el jugo de naranja fresco se observa un incremento de aldehídos, principalmente de acetaldehído. La acumulación de acetaldehído resulta de la descarboxilación del ácido pirúvico por la enzima alfa-cetocarboxilasa. (ver figura XIV).

### 5.2.3 Crecimiento Microbiano.

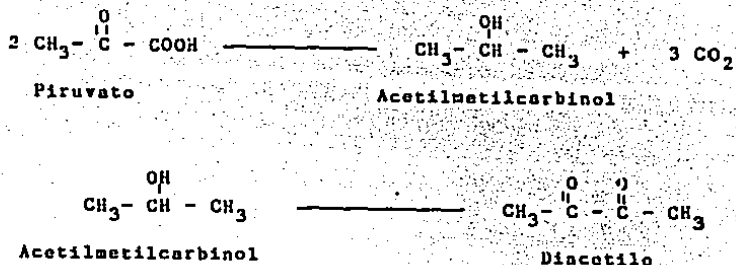
La vida de anaquel del jugo de naranja concentrado congelado, depende mucho de la flora microbiana existente. En jugos no esterilizados hay contaminación de levaduras y bacterias lácticas.

Después de la pasteurización se debe controlar el contenido microbiano en especial el *Lactobacillus* y *Lauconostoc* que pueden generar sabores desagradables. (61).

Un producto terminal que indica la presencia de contaminación microbiana es el diacetilo (ver figura XIV) que tiene muy bajo umbral de detección y una pequeña cantidad puede ser detectada sensorialmente.

El índice de diacetilo se mide mediante una prueba sencilla en donde se detectan por colorimetría los productos finales del crecimiento microbiano (diacetilo y acetilmetilcarbinol)

FIGURA XIV \*  
FORMACION DE DIACETILO A PARTIR DE PIRUVATO



El diacetilo tiene un sabor a mantequilla, de la cual es un componente principal. (66).

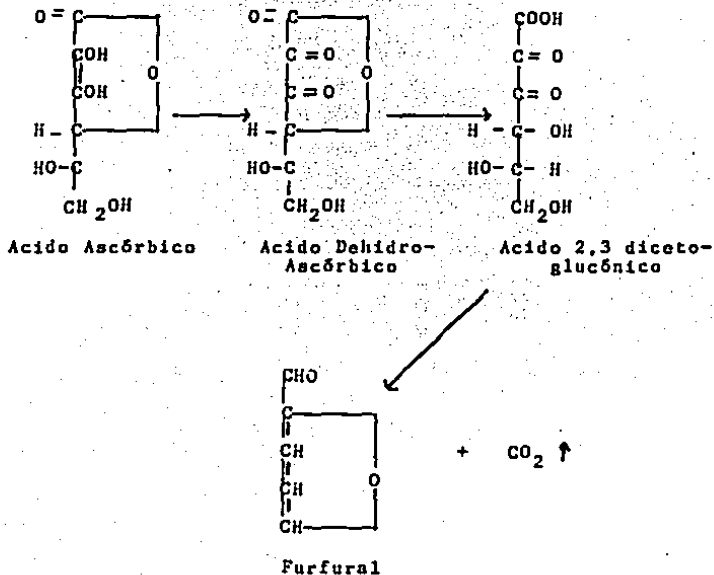
La principal flora microbiana detectada en el jugo de naranja concentrado congelado son las levaduras. Las levaduras del género *Zygosaccharomyces* están involucradas en la fermentación que ocurre en el jugo (66).

#### 5.2.4 Degradación del ácido ascórbico.

El ácido ascórbico (vitamina C), se encuentra en gran cantidad en el jugo de naranja, este ácido es oxidado fácilmente en presencia de oxígeno, transformándose en ácido dehidroascórbico, que a su vez puede pasar a furfural, tal como se muestra en la figura XV.

\* Fuente: Kopelman, I. J., (66).

FIGURA IX \*  
 MECANISMO DE OXIDACION DEL ACIDO ASCORBICO  
 EN PRESENCIA DE OXIGENO



\* Fuente: Horowitz, I. (49).

En la descomposición del ácido ascórbico se han caracterizado como intermediarios del furfural: el ácido-2-furoico, ácido treónico, oxálico, l-eritropentulosa, y bióxido de carbono (49).

El furfural no se encuentra en el jugo fresco pero se encuentra en niveles significativos en el jugo almacenado a altas temperaturas. (124). Los jugos con altos niveles de ácido ascórbico tienen una acelerada formación de furfural.

La acidez en el jugo de naranja muestra 2 efectos competitivos: los altos niveles iniciales de ácidos tienden a causar una rápida formación de furfural pero la acidez en el jugo tiende a enmascarar sabores extraños (124).

Una relación directa entre el contenido de furfural y la presencia de sabores extraños no existe, sino que la facilidad de medir el furfural ha hecho que éste se utilice como indicador de abuso de temperatura en el almacenamiento y desarrollo de sabores extraños (86).

#### 5.2.5 Reacciones de Maillard.

Los alimentos deshidratados, como el polvo de naranja, son muy susceptibles a reacciones de deterioro durante el almacenamiento que pueden afectar grandemente la apariencia física y sabor del producto (100).

Los cambios de sabor del jugo de naranja deshidratado resultan primordialmente por reacciones de deterioro azúcar-amina es decir reacciones de Maillard (119).

La d-fructosa y el ácido ascórbico son precursores de sabores extraños.

En la tabla X se encuentran los productos de descomposición encontrados en el jugo de naranja deshidratado. (119).

El uso de inhibidores del enpardecimiento (o reacciones de Maillard, mejora la estabilidad del jugo en polvo. Los inhibidores pueden ser dióxido sulfúrico o carboximetilcelulosa (119).

Tabla X  
COMPONENTES DEL SABOR EN EL POLVO DE NARANJA, AROMA Y UMBRALES DE DETECCIÓN DE SABOR.

COMPONENTE	OLOR	UMBRAL DE SABOR (ppm)
Furfural	astriigente	80
2-acetylfurano	-	110
5-metil-2-furfural	uva astriigente	10
furfuril alcohol	coco	30
2-hidroxiacetilfurano	-	200
Acetilformoina	azúcar quemada	18
5-metilpirrol-2-carboxaldehido	astriigente	110
ácido acético	vinagre	110
ácido levulínico	-	110
ácido benzoico	-	85
N-etilpirrol-2-carboxaldehido	-	2
gamma-butirolactona	aceite rancio	200
metilciclopentenolona	jarabe de maple	5

Fuente: Shaw, et al, (119).

**RECONENDACIONES.**



Durante el procesamiento y almacenamiento del jugo de naranja se dan cambios marcados en los componentes del sabor.

Para evitar al máximo la pérdida del sabor original del jugo de naranja y la formación de compuestos con sabor desagradable hay que tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

**A) CON RESPECTO A LA MATERIA PRIMA.**

La fruta que se seleccione para el proceso debe ser de variedades con un bajo contenido en flavonoides.

Es preferible utilizar variedades con bajo contenido en de - limonato A delta Ciclolactona, debido a que es el precursor de sabor amargo producido por limonina.

Utilizar la fruta con un alto índice de madurez y cuando el color haya desarrollado su máximo tono, debido a que entonces el contenido de azúcares es alto, el contenido de ácido cítrico es ba jo y el aroma está en su punto.

Desechar la fruta contaminada, magullada o demasiado madura pues contiene compuestos de sabor desagradable.

**B) CON RESPECTO AL PROCESO.**

**1) Extracción y terminado.**

No hay diferencias significativas en el sabor del jugo de - naranja extraído con extractores Brawn y extractores PNC.

Lo que debe ser cuidado durante la extracción del jugo es que el tamaño de las copas del extractor corresponda al tamaño de la fru - ta y la presión.

Cuando la fruta se exprime excesivamente se incorporan al jugo pedazos de cáscara, bagazo y semillas, los cuales imparten sabor amargo.

Se debe controlar por lo tanto el contenido de materia suspendida en el jugo.

### 2) Control de la cantidad de aceite en el jugo.

Si accidentalmente se incorpora aceite de cáscara en el jugo se pueden desarrollar sabores desagradables. El aceite de cáscara contiene 95% de d-limoneno que es el principal precursor de compuestos con sabor extraño.

El contenido de aceite en el jugo no debe exceder 0.45%. Arriba de esta proporción el desarrollo de compuestos de sabor desagradable es notorio.

### 3) Incorporación de oxígeno.

Se debe controlar el contenido de oxígeno en el jugo de naranja, esto es muy importante especialmente cuando el jugo se envasa en frío, ya que en el envasado en caliente el oxígeno se elimina.

La presencia de oxígeno en el jugo causa:

- Oxidación de lípidos que liberan ácidos grasos con sabor desagradable.
- Se desarrollan los llamados sabores COF (oxidados). Es decir se desarrollan carveol, carveona, perilalcohol, 2,8-p-mentadien-1-ol, y 1(7),8-p-mentadien-2-ol que tienen un sabor desagradable. Estos compuestos se forman de la oxidación del d-limoneno y la reacción depende principalmente de la presencia de oxígeno.

#### 4) Pasteurización.

La inactivación de la pectinesterasa es muy importante para el sabor del jugo de naranja, debido a que la pectina es el principal estabilizador de la nube de sólidos del jugo; al precipitar la pectina los componentes aromáticos se pierden, quedando un líquido insípido.

Sin embargo, el tratamiento térmico causa deterioros en el sabor del jugo de naranja. La utilización de pasteurización de alta temperatura-corto tiempo permite pasteurizar el jugo en menos de treinta segundos.

#### 5) Envasado.

El envasado en caliente tiene la ventaja de la eliminación de oxígeno, sin embargo es mayor el daño térmico debido a que el producto está más tiempo expuesto a altas temperaturas.

Por otro lado el envasado aséptico en frío tiene la ventaja de evitar el daño térmico, pero hay que desairear el producto para eliminar el oxígeno.

Los envases asépticos (cartón-polietileno) absorben sustancias volátiles. Se ha observado que absorben el d-limoneno y este compuesto acarrea a otros volátiles del aroma del jugo.

Aparentemente esto les da una desventaja con respecto a los envases de vidrio, pero como el d-limoneno es el principal precursor de sabores extraños, en el envase cartón polietileno disminuye también la formación de compuestos de sabor extraño.

Por lo tanto, podríamos decir que al utilizar un envase de cartón polietileno se obtiene un producto menos aromático pero con menor contenido de sabores extraños.

#### 6) Jugo concentrado congelado.

Para concentrados de 45 grados Brix, la adición de jugo fresco al concentrado final, para restituir sabor, da un producto de sabor agradable.

Sin embargo, para productos de alta concentración (60 °Bx) los procesos de recuperación de aromas son muy importantes.

La recuperación de volátiles en la primera etapa de evaporación del jugo es un método muy práctico de restituir el aroma fresco.

El jugo concentrado a 60 grados Brix tiene muchas ventajas sobre el concentrado a 45 grados Brix, ya que es mayor la estabilidad de los sólidos y disminuye la tendencia a la formación de geles.

La concentración del jugo por congelamiento puede ser, en un futuro, una buena práctica comercial. Al concentrar por congelamiento se tiene menor pérdida de volátiles que al concentrar por calor. Si embargo, el concentrado por temperatura es actualmente un producto de mayor calidad, ya que al concentrar por congelamiento se pierden muchos de los sólidos del jugo y, además, el desarrollo de las técnicas de recuperación de aromas ha permitido la elaboración de concentrados por evaporación con un perfil de sabor muy agradable.

### 7) Jugo deshidratado.

La deshidratación del jugo de naranja (secado por espuma) es un proceso muy complicado.

Para elaborar el jugo de naranja deshidratado hay que partir del jugo concentrado por lo que forzosamente es más caro.

Durante el secado el jugo pierde muchos volátiles y se forman muchos compuestos con sabores extraños.

En general el jugo de naranja concentrado congelado es más barato y de mejor calidad de sabor que el jugo deshidratado.

La única ventaja que tiene el jugo deshidratado es que es estable a temperatura ambiente. Pero incluso es mejor, en la actualidad hacer un producto en polvo con azúcar y aceites esenciales o aceites de cáscara.

### C) CON RESPECTO AL ALMACENAMIENTO.

En el almacenamiento del jugo de naranja, se producen sabores extraños. Un buen indicador del tiempo y temperatura de almacenamiento es el alfa-terpineol ya que se incrementa en forma lineal durante el almacenamiento y su incremento depende primordialmente de la temperatura.

Para evitar el desarrollo de sabores extraños hay que almacenar el producto a la temperatura más baja posible (cerca de cero grados centígrados).

El concentrado congelado se mantiene a una temperatura de -18 grados centígrados lo cual le da una ventaja más sobre los otros productos ya que se retarda el desarrollo de sabores extraños en almacenamiento.

El jugo en envase aséptico es más estable en el almacenamiento que el envasado en vidrio, probablemente esto se deba a su adsorción de  $\delta$ -limoneno, impidiendo el desarrollo de alfa-terpineol y otros compuestos desagradables.

**CONCLUSIONES.**

Se ha observado, a través de la investigación documental en el presente trabajo, que:

1.- El sabor del jugo de naranja es sumamente complejo y que depende no solamente de los componentes que tienen un gusto o aroma específico, sino también de otros componentes, como la pectina y la neodosmina, que afectan a los mismos.

La pectina, por ejemplo, afecta al sabor del jugo de naranja debido a que es el estabilizante de la nube de sólidos del jugo, cuando precipita los volátiles del aroma, que están íntimamente ligados a los sólidos del jugo, se pierden quedando un líquido insípido.

2.- Sólomente un aspecto particular del sabor del jugo de naranja depende de más de un componente.

El gusto amargo del jugo puede deberse a flavonoides o a compuestos de naturaleza muy distinta como es la limonina, además la detección del gusto amargo depende de la concentración de ácido presente en el jugo.

El aroma del jugo de naranja depende de más de doscientos componentes (aldehídos, cetonas, ésteros, éteres o hidrocarburos) por lo que la contribución de cada componente en la percepción total del sabor es muy difícil de evaluar.

Los componentes principales del aroma del jugo de naranja que han podido detectarse hasta el momento son: el etil-butirato, el neral, el geranial y en general los aldehídos.

3.- No solamente es importante conocer los componentes del aroma, sino también la concentración de los mismos. Un cambio en las proporciones relativas de cada componente del aroma, puede cambiar marcadamente el sabor.

Todos los frutos cítricos tienen básicamente los mismos componentes del aroma, pero las proporciones relativas de éstos son muy distintas en cada especie. Por ejemplo, el citral es un componente principal del aroma del limón, en la naranja se encuentra en mucho menor concentración y no es muy relevante para el sabor típico.



4.- Durante el procesamiento y almacenamiento del jugo de naranja hay cambios marcados en los componentes del sabor.

Los principales precursores de sabores extraños en el jugo de naranja son:

- A) Dentro de los componentes de la fracción volátil, el d-limoneno, el linalol, el citral y el valenceno.
- B) Los lípidos y principalmente los fosfolípidos.
- C) Los azúcares y principalmente la fructosa.
- D) El ácido ascórbico.

5.- Para mantener el sabor original del jugo fresco hay que cuidar principalmente los siguientes aspectos del proceso:

- A) La presión y el tamaño de las copas, durante la extracción.
- B) El contenido de aceite en el jugo.
- C) La temperatura y tiempo de pasteurización.
- D) Evitar la incorporación de oxígeno al jugo.
- E) La temperatura de almacenamiento.

6.- De acuerdo a todo lo mencionado anteriormente, el proceso que actualmente permite obtener un jugo con la mejor calidad de sabor, es el de concentración térmica del jugo (sobre todo en evaporador de 7 pasos) con reincorporación de aromas y congelación, no obstante que sea más costoso que el jugo de concentración simple.

El producto concentrado congelado puede tener una muy buena calidad de sabor gracias al desarrollo de nuevas tecnologías de alimentos (Como son los procesos de recuperación de aromas y el procedimiento de adición de jugo fresco "cut-back") y de ingeniería de procesos (como el evaporador TASTE).

7.- Podemos suponer que, el desarrollo tecnológico permitirá en un futuro, la elaboración de otros productos de jugo de naranja con un sabor muy próximo al natural.

Por ejemplo el jugo de naranja deshidratado, que es un producto que actualmente tiene un perfil de sabor muy distinto al del jugo fresco, puede mejorarse mucho con las nuevas tecnologías de recuperación de aromas.

## BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Ahmed, E. M., et al, Effect of nonvolatile orange juice components, acid, sugar and pectin on the flavor threshold of d-limonene in water, J. Agric. Food Chem., 26(1), 1978.
- 2.- Albach, R. F., et al, Seasonal variation of bitterness components, pulp and vitamin C in Texas commercial citrus juices, J. - Agric. Food Chem., 29(4), 1981.
- 3.- Albach, R. F., et al, Limonin content of juice from Marrs and Hamlin oranges: Citrus Sinensis, J. Agric. Food Chem., 29(2), 1981.
- 4.- Alberola, J. e Izquierdo, L., La fracción aromática del jugo de naranja. I. Análisis por métodos sensoriales y químicos, Agroquím. Tecnol. Aliment., 19(2), 1979. pág. 190-202.
- 5.- Alberola, J., e Izquierdo, L., La fracción aromática del jugo de naranja. II. Análisis del espacio de cabeza, Agroquím. Tecnol. Aliment., 19(3), 1979. pág. 227-237.
- 6.- Alberola, J., e Izquierdo, L., La fracción aromática del jugo de naranja. III. Análisis de volátiles totales., Agroquím. Tecnol. Aliment., 19(4), 1979. pág. 469-479.
- 7.- Alberola, J., e Izquierdo, L., La fracción aromática del jugo de naranja. IV. Componentes Identificados, Agroquím. Tecnol. Aliment., 20(1), 1980. pág. 79-86.
- 8.- Anon, S., Enzymes from specially bred bacteria neutralise orange juice bitterness, Food Development, 16(1), 1982.
- 9.- Anon, S., Fruit juice-Milk doorstep partner, Dairy Industries International, 41(12), 1976. pág. 458-459.
- 10.- Attaway, J. A., y Edwards, G. E., Identification of alcohols and volatile organic acids from natural orange essence, J. Agric. Food Chem. 12, 1964.
- 11.- Baker, R. A., y Bruemmer, J. H., Pectinase stabilization of orange juice cloud, J. Agric. Food Chem., 20(2), 1972. pág 1169-1172.
- 12.- Deenaert, H., y Gossele, J., Aroma study of essences in non-alcoholic soft drinks, isolation and concentration of aromas, - Trav. Chem. Aliment. Hyg., 69, 1978. pág 516-535.

- 13.- Ben-Shalom, H., et al, A model system on natural orange juice cloud, effect of calcium on hesperidin-pectin particles, *J. Food Sci.*, 50(4), 1985. pág 1130-1142.
- 14.- Berry, R. E., Quality factors in single strenght and concentrated orange juice *Proceedings of Int. Soc. of Citriculturum*, 1977.
- 15.- Berry, R. E., y Veldhuis, M. K., Processing of oranges, grapefruit and tangerines, en Nagy, S., et al, *Citrus Science and Technology*. v2, AVI Publishing Co., Westport Conn., 1977., pág 177-352.
- 16.- Bissett, O. W., Veldhuis, M. K., Rushing, N. B., Effect of heat treatment temperature on storage life of Valencia orange - concentrates, *Food Technol.*, 1953.
- 17.- Braddock, R.J., y Harcy, J. E., Quality of Freeze concentrated orange juice, *J. Food Sci.*, 52(1), 1987. Pág. 159-162.
- 18.- Braddock, R.J., y Keesterson, J. W., Enzymatic hydrolysis of fatty acids in orange juice phospholipida, *J. Agric. Food Chem.*, 21(2), 1973. pág. 318-319.
- 19.- Braddock, R.J., Pectinase treatment of raw orange juice and subsequent quality changes in 60 degree brix concentrate, *Proc. Fla. State Hortic. Soc.*, 94, 1981. pág 270-273.
- 20.- Braddock, R.J., y Petrus, D.R., Malonaldehyde in aqueous orange juice essences, *J. Food Sci.*, 36(7), 1971. pág 1095-1097.
- 21.- Brewstwer, L.C., Hasegawa, S., y Maier, V.P., Bitterness prevention in citrus juices. Comparison activities of the limonate dehydrogenases from pseudomonas and Arthrobacter, *J. Agric. Food Chem.*, 24(1), 1976.
- 22.- Busling, B.S., y Ting, S. V., Automated enzymatic analysis of D-isocitric acid in citrus juices, *Proceedings of Int. Soc. of Citriculture*, 1977.
- 23.- Byrene, B., et al, Determination of adulterated natural ethyl butyrate by carbon isotopes, *J. Agric. Food Chem.*, 34(4), 1986. pág. 736-738

- 24.- Calvarano, M., Schacter, S., y Giacomo, A., Sucrose, glucose and fructose in concentrated orange juices from fruits of Piana di Rasarno, *Essenze Derivate Agrumari*, 48(4), 1978.
- 25.- Casas, A., Mallent, D., y Subirants, S., Evolución del ácido limónico-monolactona A en las naranjas Navel y Valencia late durante la maduración, *Agroquím Tecnol. Aliment.*, 13(3), 1973.
- 26.- Casas, A., Rodrigo, M.I., y Mallent, P., Prevención de la acumulación del precursor de la limonina en las naranjas Washington Navel mediante tratamiento de los árboles con derivados de trietilamina, *Agroquím. Tecnol. Aliment.*, 19(4), 1979.
- 27.- Chadler, B.V., y Robertson, G.L., Effect of pectic enzymes on cloud stability and soluble limonin concentration in stored orange juice, *J. Sci. Food Agric.*, 34(6), 1983, pág. 599-611.
- 28.- Chadler, B.V., y Johnson, R.L., New sorbent gel forms of - cellulose esters for debittering citrus juices, *J. Sci. Food Agric.*, 30(8), 1979.
- 29.- Chadler B.V., One of the 101 most interesting problems in - food science, bitterness in orange juice, a case history, *Food Technol.*, 29(8), 1977.
- 30.- Coleman, R.L., Lund, E.D., y Moshonas, M. G., Composition of orange essence oil, *J. Food Sci.*, 34, 1969.
- 31.- Coleman, R.L., y Shaw, P.E., Analysis of Valencia orange - essence and aroma oils, *J. Agric. Food Chem.*, 19(3), 1971.
- 32.- Corso, J.F., Aging sensory systems and perception, Praeger Publishers, N.Y., 1981. pág 137-172.
- 33.- Crandall, P.G., y Carter, R.D., Models for predicting the viscosity of orange juice concentrate, *Food Technol.*, 36(5), 1982. pág 245-252.
- 34.- Crandall, P.G., et al, Quality of enzymatically treated 72 Celsius Brix orange juice stored at refrigerant temperatures, *J. Food Sci.*, 51(4), 1986. pág 1017-1020.

- 35.- Doner, L.W., y Bills, D.D., Mass spectrometric  $^{13}C/^{12}C$  determinations to detect high fructose corn syrups in orange juice, J. Assoc. Offic. Analytical Chemists, 65(3), 1982.
- 36.- Dravert, F., Leupold, G, y Prernetz, H., Quantitative gas-chromatographische bestimmung von rutin, hesperidin and naringin in orangesaft, Chemie Mikobio., Technol, Lebensmittel, 6(6), - 1980.
- 37.- Durán, L., Rodrigo, M., y Alcedo, M.J., Medida del calor y de la turbiedad en el zumo de naranja, Agroquím Tecnol. Aliment., 16(1), 1976. pág 98-105.
- 38.- Durr, P., y Shobinger, U., The contribution of some volatiles to the sensory quality of apple and orange juice odour, Favour 81, Weverman Symp., 1981. pág 179-192.
- 39.- Eagerman, B.A., y Rouse, A.H., Heat inactivation temperature time relationships for pectin esterase, J. Food Sci., 41(6), - 1976. pág 1396-1397.
- 40.- El-Salam, H.H., et al, The use of skim milk permeate in the preparation of spray dried beverages. part I. Orange beverage, Food Chem, 20(2), 1986. pág 107-116.
- 41.-Ennis, D.M., et al, Consumer evaluation of the interrelationships between the sensory components of commercial orange juice and drinks, J. Food Sci., 44(4), 1979.
- 42.-Fellers, P.J., et al , Quality of retail Florida Packed frozen concentrated orange juice as chemical analysis, J. Food Sci., 51(5), 1986. pág 1187-1190.
- 43.- Fellers, P.J., Sensory flavor Characteristics of water extracted soluble orange solids produced in Florida USA, J. Food Sci., 50(3), 1985. pág739-743, 753.
- 44.- Gestland, R., Olfaction and Taste, Y. Zotterman, Pergamon Press., London, 1963.
- 45.- Goldshmidt, E.E., Galactolipids and Phospholipids of orange peel and juice chromoplasts, Phytochem, 16(80), 1977. pág 1046-1047.

- 46.- Graumlich, T.R., Marcy, J.E., y Adams, J.P., Aseptically - packaged orange juice and concentrate. A review of the influence of processing and packing conditions on Quality, J. Agric. Food Chem., 34(3), 1986. pág 402-405.
- 47.- Hasegawa, S., et al, Reduction of limonin bitterness in Navel orange juice serum with bacterial cells Immobilized in Acrylamide Gel, J. Agric. Food Chem., 30(3), 1982.
48. Heath, H.B., y Pharm, B, Flavor technology: profiles, products and applications, AVI publishing Co, Westport, Conn, 1978.
- 49.- Horowitz, I., et al, Biosvility of ascorbic acid in orange juice, J. Am. med. Assoc., 235(24), 1976.
- 50.- Huggart, R.L., Rouse, A.H., y Moore, E.L., Effect of maturity variety and processing on color cloud pectin and water insoluble solids of orange juice, Fla State Hortic. Soc., 88, 1975. pág 342-345.
51. Huanik, G.A., Recessed gable top carton, International paper Company, US patent , PN Us4568018, feb 4, 1986.
- 52.- Iranzo, J.R., niño, L., y Gima R., Contenido de pectina en las fases líquida y sólida del zumo de naranja y del extracto acuoso de corteza, Agroquím. tecnol. Aliment., 17(1), 1977.
- 53.- Japikse, C.H., et al, Orange flavor and aroma compositions made by dense gas extraction of organic flavor and aroma compounds, US patent, The Procter and Gamble Company, PN US4693905, sept 15, 1987.
- 54.- Jewell, G.G., The microestructure of orange juice, Scanning Electron. Microsc., 3, 1981. pág 593-598.
- 55.- Johnson, R.L., Effect of cellulose acetate gel bead column on the acceptability and composition of Navel orange juice, J. - Sci. Food Agric., 33(10), 1982. pág 1042-1048.
- 56.- Johnsons, R.L., The reactivation of exhausted cellulose acetate gel beads used commercially for debittering orange juice, J. Sci. Food Agric., 32(60), 1981.

- 57.- Johnson, R.L., y Chandler, B.V., Removal of limonin from bitter Navel orange juice, Proceed. Int. Soc. Citriculture, - 1978.
- 58.- Kahn, H.L., Eapen, K.E., Soft intermediate moisture frozen beverage concentrates, US patent, Rich Products Corporation, PN US 4235936. , 1982.
- 59.- Kahn, H.L., y Eapen, K.E., Intermediate moisture frozen Foods, US patent, Rich Product Corporation, PN US 4332824, 1981.
- 60.- Kazenisc, S.J, Flavor trend in new foods, Food Technol., 31(1), 1977.
- 61.- Kealey, K.S., Kinsella, J.E., y Nagy, S., Orange juice - quality with emphasis on flavor components, CRC Rev. Food Sci. Nut., 11(1), 1979. pág 1-35.
- 62.- Katerston, J.W., y Braddock, R.J., Preparation of fractionated citrus fruit products for residue analysis, Circular S-266, Institute of Food and Agricultural Sciences, 1979. pág 1-15.
- 63.- Khana, S.S., y Perkins, E.G., Application of gas-liquid - Chromatography Mass-spectrometric analysis of natural products, J. Agric. Food Chem., 18(2), 1970.
- 64.- Kirchner, J.G., y Miller, J.M., Volatile water soluble and oil constituents of Valencia orange juice, J. Agric. Food Chem., 5(4), 1957. pág 238-286.
- 65.- Koch, J., Ueber Aromavenderugen in pasteuriten orangesaef- ten, Int. Fuer Getraenkeforschung GMBH, Mainz, 40(2), 1973. P&g 42-48.
- 66.- Kopelman, I.J., y Rouchwerberg, M, Shelf life and microbial growth kinetics of fresh citrus juices Shamouti orange, J.Food Process Preserv., 8(4), 1985. 241-250.
- 67.- Kramer, A., y Twigg, B., Quality control for the food in- dustry, AVI publishing Co., Westport Conn, 1973.
- 68.- Kryger, A.C., Aseptic juice or beverage flavor enhancent - system therfor, US patent, Squirt and Company, PN US 4534991., 1985.

- 69.- Lafuente, et al, Estudio comparativo de la fracción aromática de los zumos de naranja. I.Técnica Analítica, Agroquím Tecnol. Aliment., 16(1), 1976. pág 89-96.
- 70.- Lafuente, et al, Estudio comparativo de la fracción aromática del zumo de naranja.II.Comparación de las técnicas de destilación al vacío para el aislamiento de volátiles, Agroquím Tecnol. Aliment., 20(2), 1980. pág 220-230.
- 71.- Lafuente, B., et al, Ensayos comparativos de los extractores FMC-inline y de piñas rotatorias., Agroquím Tecnol. Aliment. 13(4), 1973. pág 567-572.
- 72.- Levi et al, The bitter principle and the prevention of bitterness in Shamouti orange juice products, Special Publication, Vaiceni Center, Israel, 29, 1974.
- 73.- Marshall, M.R., Marcy, J.E., y Braddock, R.J., Effect of total solids level on heat inactivation of pectin esterase, J. Food Sci, 50(1), 1985. pág 220-222.
- 74.- Maier, V.P., y Grant, E.K., Specific Thin layer Chromatography assay of a limonin, a citrus bitter principle, J. Agric. Food Chem., 18(2), 1970.
- 75.- Manheim, et al, Evaluation of aroma solutions obtained by a new vacuum stripping method, Food Technol, 21, 1967. pág 469-473.
- 76.- Mavin, A.B., Acree, T.E., y Hotchkiss, J., The effect of food packaging on the aroma of orange juice, Abstr. Pap. Am. Chem. Soc., 194, 1987. pág 1-70.
- 77.- Merory, J., Food flavorings: composition manufacture and use, AVI Publishing Co, Westport Conn, 1968.
- 78.- Meyer, L.H., Food Chemistry, AVI Publishing Co., Westport Conn, 1975.
- 79.- Mokmood, MS, Qunishi, M.J., y Chaudry, M.S., The effect of rootstok and maturity on bitternes in orange juice, Pak. J. Sci. Ind. Res., 18(30), 1975.



- 80.- Moshonas, M.G., y Shaw, P.E., Quantitative analysis of orange juice flavor volatiles by direct injection gas Chromatography, *J. Agric. Food Chem.*, 35(1), 1987. pág 161-165.
- 81.- Moshonas, M.G., y Lund, E.D., Aldehydes, ketones and esters in Valencia orange peel oil, *J. Food Sci.*, 34, 1969.
- 82.- Moshonas, M.G., y Lund, E.D., Isolation and identification of a series, unsaturated aldehydes from Valencia orange peel oil, *J. Agric. Food Chem.*, 17, 1969.
- 83.- Moshonas, M.G., et al, Distribution of aqueous aroma components in the orange, *J. Agric. Food Chem.*, 20(3), 1972.
- 84.- Moshonas, M. G., y Shaw, P.E., Quantities of volatile flavor components in aqueous orange essence and in fresh orange juice, *Food Technol.*, 40(11), 1987. pág 100-103.
- 85.- Moresi, M, et al, Engineering factors in the production of concentrated fruit juices. 1. Fluid Physical properties of orange juices, *J. Food Technol.*, 15(3), 1980, pág 265-276.
- 86.- Nagy, S., Dinsmore, H.L., Relationship of furfural to the temperature abuse and flavor change in commercially single strength orange juice, *J. Food Sci.*, 39(6), 1974. pág 1116-1119.
- 87.- Nagy, S., y Nordby, H.E., Changing lipid class patterns during maturation of sweet oranges, *J. Agric. Food Chem.*, 26(4), 1978. pág 838-842.
88. Nagy, S., Nordby, H.E., Fatty acids of Tryglicerides from citrus juice sacs, *Phytochem*, 13, 1974.
- 89.- Nagy, S., y Nordby, H.E., Comparative long chain hidrocarbon profiles of orange or tanger juice sacs, *Phytochem*, 10, 1971.
- 90.- Nagy, S., Nordby, H.E., The effects of storage conditions on the lipid composition in commercially prepared orange juice, *J. Agric. Food Chem.*, 18(4), 1970. pág 593-597.
- 91.- Nagy, S., Nordby, H.E., y Smoot, J.M., Lipid composition of commercially canned single strength orange juice, *J. American oil Chemists. Sec.*, 52(40), 1975. pág 121-123.

- 92.- Nagy, S., Shaw, P.E., y Veldhuis, M.K., Citrus Science and Technology, vi, 2a edición, AVI publishing Co, Westport Conn, 1977.
- 93.- Nagy, S., Shaw, P.E., y Veldhuis, M.K., Citrus Science and Technology, v2, 2a edición, AVI publishing Co, Westport Conn, 1977.
- 94.- Nordby, H.E., y Nagy, S., Fatty acid profiles of esterified sterol glucosides from juice vesicles of citrus fruits, Phytochem., 18, 1979. p825-827.
- 95.- Nordby, H.E., y Nagy, S., Fatty acids of monogalactosyl di-glycerides from citrus, Phytochem, 15, 1976. p 957-960.
- 96.- Nordby, H.E., y Nagy, S., Fatty acid profiles of citrus - juice and seed lipids, Phytochem, 8, 1969.
- 97.- Nordby, H.E., y Nagy, S., Hydrocarbons from epicuticular - waxes of citrus peels. J. Agric. Food Chem., 27(2), 1979. p 18-20.
- 98.- Nordby, H. E., y Nagy, S., Fatty acid profiles of three orange cultivars during maturation, J. Agric. Food Chem., 27(1), 1979. p 15-19.
- 99.- Olsen, R.W., et al, Oxidized flavours in frozen citrus concentrates, Citrus Ind., 58(10), 1977. p 20-28.
- 100.- Penichet, L.S., Pini, J., Estudio del pardeamiento y alteración del sabor durante el almacenaje del jugo concentrado de naranja dulce, Revista de Ciencias Químicas, 12(2), 1981. p 143-149.
- 101.- Petrus, D.K., et al, Orange juice adulteration detection and quality effects of dilution added orange pulp wash turmeric and sorbate, J. Food Sci., 49(6), 1984. p 1438-1443.
- 102.- Pias, J.B., y Gascó, L., Derivados carbonilos para su análisis por cromatografía de gases en volátiles de aromas de zumo de corteza de cítricos, Agroquím. Tecnol. Aliment., 15(1), 1975. p 113-120.
- 103.- Pias, J.B., y Gascó, L., Determinación de alcoholes en volátiles de aromas de zumo y de corteza de cítricos por cromatografía de gases de sus derivados benzoidados, Agroquím. Tecnol. Aliment., 16(1), 1976. p131-135.

- 104.- Pino, J.B., et al, Analysis of volatile components in Valencia orange juice from cuba, 15(4), 1987. p 291-298.
- 105.- Pino, J., Identification of new amine in orange flavour - from aqueous condensate obtained during the concentration of the juice, Acta Alimentaria, 10(4), 1981. p 323-327.
- 106.- Primo, E., et al, Detección de adulteraciones en jugos cítricos. XV. Identificación de ácidos carboxílicos, sacarosa comercial y ácido cítrico por cromatografía gas-líquido y cromatografía en capa fina, Agroquím. Tecnol. Aliment., 9(3), 1969.
- 107.- Rosdendberg, M., et al, Purification of citrus peel pigment prepartate by gel permeation chromatography, Lebensh-wiss Technol, 17(5), 1983. p. 282-284.
- 108.- Rouseff, R. L., y Fisher, J.F., Determination of Limonin and related limonoids in citrus juices by high performance liquid chromatography, Analytic Chem., 52(8), 1980.
- 109.- Rouseff, R.L, y Petrus, D.R., Flavanone Glycoside concentration differences between Florida USA orange juice and water extracted soluble orange solids, Am Chem. Soc., 182, 1981.
- 110.- Royo, I.J., Relationship between the degree Brix of citrus juices and their soluble chemical components, Proceedings Int.- Soc. Citriculture, 1977.
- 111.- Royo, I.J., Niño, L., y Gims, R., Contenido en pectina de las fases líquida y sólida del zumo de naranja y del extracto acuoso de la corteza, Agroquím. Tecnol. Aliment., 17(1), 1977. p 79-85.
- 112.- Rubenstein, I M., Frozen fruit and vegetable juices, US patent, Maryland Cup Corporation, PN US 4267947, oct 6, 1981.
- 113.- Sauri, E., et al, Estudio de la fracción aromática del zumo de naranja. II. Comparación de técnicas de destilación al vacío para el aislamiento de volátiles, Agroquím. Tecnol. Aliment., 20(2) , 1980.
- 114.- Schreiner, P., Changes of flavour compounds during the processing of citrus juices, Long Ashton Sump., Proc., 7th, 1981. p 355-370.

- 115.- Shaw, P.E., Tatum, J.H., y Wilson, C.W., Improved flavor of Navel orange and grapefruit juices by removal of bitter - components with beta ciclo dextrin polymer, J. Agric. Food Chem., 32(4), 1984. p832-836.
- 116.- Shaw, P.E., Ammons, J.W., y Braman, R.S., Volatile sulfur compounds in fresh oranges and grapefruit juices. Identification, quantitation and possible importance to juice flavor, J. Agric. Food Chem., 1980. p778-781.
117. Shaw, P.E., y Coleman, R.L., Composition and flavour evaluation of a volatile fraction from cold-pressed Valencia orange oil, Int. Flavours and Food Aditives, 6(3), 1975. p 190.
- 118.- Shaw, P.E., Analysis and flavor effects of volatile sulfur compounds in citrus juice, en The quality of Foods and Beverages, Academic Press, 1981. p361-376.
- 119.- Shaw, et al, Taste evaluation of nonenzymic browning compounds from orange powder and use inhibitors, J. Agric. Food Chem., 18(3), 1970. p 343-345.
- 120.- Steinsholt, K., Comparison of point score evaluation ranking and the Schiffe test for the evaluation of the sweetness of orange juice with addition of known amounts of sucrose, Meierposten, 70(22), 1981.
- 121.- Strobel, R. G., Orange juice concentrates, Us patent, The Procter and Gamble Company, PN US 4374865, 22 feb, 1983.
- 122.- Tariq, A.M., et al, Effect of processing and storage on the development of bitterness in the orange juice, Pak. J. Sci. Res., 17(1), 1974.
- 123.- Tressler, P. K., y Joslyn, M. A., Fruit and vegetable juice processing technology, 2a edici6n, AVI publishing Co, Westport conn, 1971.
- 124.- Trammell, D.J., et al, Effects of oxygen on taste ascorbic loss and browning for high temperature-short time pasteurized single strenght orange juice, J. Food Sci., 51(40), 1986. p1021-1023.

- 125.- Vandercook, C. E., et al, Citrus juice characterization, J. Agric. Food Chem., 18(50), 1970.
- 126.- Vaks, B., Lifshitz, A., Debbitering of orange juice by bacteria wich degrade limonin, J. Agric. Food Chem., 29(6), 1981.
- 127.- Versteeg, C., Pectinesterases from the orange fruit, - their purification, general characteristics and juice cloud destabilizing properties, Agric. Res. Reports, 892, 1979. p 109-112.
- 128.- Veldhuis, M.K., Swift, L.J., y Scott, W.C., Fully methoxylated flavones in Florida orange juices, J. Agric. Food Chem., 18(4), 1970. p 590-591.
- 129.- Warraki, A.G., et al, Physical and chemical properties of locally canned orange juice, Annals Agric. Sci., 6, 1976.
- 130.- Wastertson, H., Beverage dispenser valve, US patent, Alco Foodservice Equipment Company, Pn US 4267947, 19 mayo, 1981.
- 131.- Wilson, K. W., y Cratchfield, G. A., Spectrophotometric - determination of limonin orange juice, J. Agric Food Chem., 16, 1968.