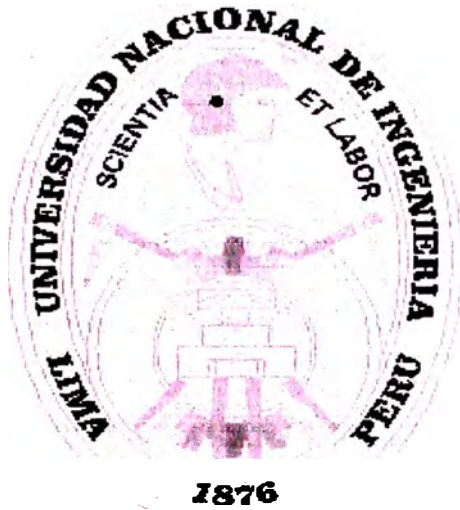


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y TEXTIL



“INDUSTRIALIZACION DEL ZUMO DE NARANJA
(*CITRUS SINENSIS L. OSBECK*)”

INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO QUIMICO

POR LA MODALIDAD DE ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS

PRESENTADO POR:

SILVIA ELIZABETH OLLACHICA CHOQUE

LIMA – PERU

2004

INDICE

	Páginas
1.-INTRODUCCION	1
1.1.-Clasificación Botánica de la Naranja	2
1.2.-Anatomía de la Naranja	5
1.3.-Composición física de la Naranja valencia	7
1.4.-Composición Química del Jugo de Naranja valencia	7
2.-PRODUCCION DE LA NARANJA EN EL PERU	10
2.1.-Variedades de Naranjas Producidas en el Perú	12
2.2.-Zonas de Producción de las Principales Variedades	12
2.3.-Comercialización de la Naranja	12
2.4.-Oferta del Zumo de Naranja en Lima	14
2.5.-Demanda de Jugos y Néctares	14
3.-PROCESAMIENTO DEL ZUMO DE NARANJA	16
3.1.-Zumo Concentrado de Naranja	16
3.1.1.-Principales Etapas del Procesamiento del Zumo de Naranja Concentrado	16
3.1.2.-Especificaciones del Zumo Concentrado	25
3.1.3.-Aplicaciones del Zumo Concentrado	25
3.2.-Zumo de Naranja Pasteurizado	27
3.2.1.-La Pasteurización	29
3.2.2.-Desamargado	29
3.2.3.-Tratamiento Final del Zumo Pasteurizado	29
3.2.4.-Especificaciones del Zumo de Naranja Pasteurizado	30
4.-CONTROL DE CALIDAD EN EL ZUMO DE NARANJA	32
4.1.-Brix y Sólidos Solubles	32
4.2.-Acidez	35
4.3.-Relación Brix / Ácido	36
4.4.-Contenido de Aceite en los Zumos Cítricos	36
4.5.-Contenido de Vitamina C	37
4.6.-Contenido de Limonina	38
4.7.-El Color del Zumo de Naranja	40

5.-FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL ZUMO	44
5.1.-Debido al Proceso de Extracción	44
5.2.-Debido al Tratamiento térmico	44
5.2.1.-Alteraciones del Sabor	44
5.2.2.-Alteraciones del Color	45
5.3.-Debido a la Actividad Microbiológica	46
5.4.-Debido a la Actividad Enzimática	46
5.5.-Debido a la Temperatura de Almacenamiento	50
6.-TECNOLOGIAS QUE MEJORAN LA CALIDAD DEL ZUMO DE NARANJA	52
6.1.-Tratamiento no Térmicos para la Concentración del Zumo de Naranja	52
6.1.1.-Osmosis Inversa	52
6.1.2.-Ultrafiltración	55
6.1.3.-Destilación Osmótica	59
6.1.4.-Aplicación de la Tecnología con Membrana	60
6.1.5.-Crioconcentración	67
6.2.-Tecnologías Alternativas para la Inactivación de Microorganismos y Enzimas	69
6.2.1.-Campos Eléctricos Pulsantes	69
6.2.2.-Tecnología de Altas Presiones	71
6.3.-Tecnología para el Desamargado del Zumo de Naranja	74
6.4.-Tecnología Aplicada a la Desacidificación del zumo de Naranja	76
7.-TRATAMIENTO DE LOS SUB PRODUCTOS DE LA NARANJA	79
7.1.-Tratamiento de la Emulsión	79
7.1.1.-Aceite Concentrado	83
7.1.2.-Aplicación del Aceite Esencial de la Naranja	84
7.2.-Tratamiento de la Corteza	84
7.2.1.-Pectina	84
7.2.2.-Corteza Deshidratada	90
7.2.3.-Producción de Pectinasas	90
7.3.-Sub Productos de las Semillas	94
7.3.1.-Limonina	94
7.3.2.-Aceite de Semilla	96
7.3.3.-Queque de Semilla	97

8.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	98
9.-BIBLIOGRAFIA	99
Apéndice 1	
1.-Funcionamiento de los Extractores de Zumo de Naranja	101
1.1.-Extractor de Zumo FMC	101
1.2.-Extractor de Zumo Brown	104
1.3.-Extractor de Zumo FMC Premium	104
Apéndice 2	
1.-Representación Esquemática de un Evaporador TASTE de 4 efectos	106
Apéndice 3	
1.-Ingredientes de una Bebida Isotónicas en base a Zumo de Naranja	107
2.-Flujo de Operación para la Elaboración de una Bebida Isotónica	108

RESUMEN

La industria de jugos de cítricos en especial de la naranja ha crecido mucho en todo el mundo. En nuestro país la demanda de zumos naturales se ha incrementado, debido a que los consumidores prefieren jugos naturales, y los zumos concentrados de naranja son la materia prima para otros tipos de bebidas.

Conocedores de esta demanda, es que se llevó a cabo el presente informe monográfico, con la finalidad de estudiar la industrialización del zumo o jugo de naranja, desde sus etapas para la obtención del zumo pasteurizado ó concentrado, el control de calidad en el zumo, así como los factores que pueden afectar su calidad y las tecnologías necesarias para mejorar la calidad y conservación del zumo.

También se describe el tratamiento de los subproductos obtenidos durante el proceso de extracción del zumo, como las emulsiones, las cáscaras, las semillas, de las cuales se pueden obtener otros productos, de mucha importancia para la industria, como son el aceite esencial, la pectina, el *d*-limoneno, la limonina, enzimas pectinasas, alimento para ganado, entre otras. De esta manera se aprovechan los “desechos” evitando problemas de contaminación ambiental y beneficios económicos para la industria procesadora de zumos.

1.- INTRODUCCION

La naranja en nuestro país ocupa el tercer lugar en términos de área sembrada después del plátano y el limón sutil. Es una de las frutas de mayor consumo per cápita siendo solo superada por las frutas antes señaladas. Su producción se ha incrementando considerablemente, según el Ministerio de Agricultura la producción nacional total en el año 2002 fue de 296 646 toneladas y en el año 2003 de 305 534 toneladas, siendo el departamento de Junín en las zonas de Chanchamayo y Satipo el principal abastecedor de este fruto .

Conocedores de este incremento en su producción, es que se llevó a cabo el presente informe monográfico con la finalidad de desarrollar los diversos aspectos que involucran la industrialización del zumo de naranja desde su procesado, para la obtención del zumo concentrado, el zumo pasteurizado; así también se mencionan los subproductos obtenidos durante el proceso de extracción del zumo, como son las pectinas, los aceites esenciales, la limonina de la semilla y otros subproductos.

En los últimos tiempo los jugos o zumos de frutas y en especial el de naranja tienen un lugar preferente en la dieta diaria, esto se debe a su agradable sabor y a su calidad dietética por la presencia de vitamina C, vitamina E, flavonoles, β -caroteno, los cuales le dan la capacidad antioxidante . Por estas razones es que los consumidores, preocupándose más por su salud, prefieren los zumos de fruta .Es por ello que la industria de los zumos de fruta seguirá creciendo durante mucho tiempo. En el mercado, el principal producto que se puede encontrar derivado de la naranja, es el jugo de la misma. Jugos de otras frutas cítricas se encuentran en menor proporción, como es el caso de los jugos de toronja y limón.

1.1.-CLASIFICACION BOTANICA DE LA NARANJA

La clasificación de los cítricos es muy compleja, debido a su evolución natural, a los efectos de las condiciones locales sobre las variedades cultivadas en las distintas regiones del mundo, así como la producción de híbridos que satisfagan las necesidades requeridas por la industria (15).

El cuadro 1 contiene una descripción taxonómica de la naranja y otros cítricos de importancia comercial.

NARANJA DULCES (*Citrus Sinensis* L. Osbeck)

Es el tipo más importante de cítricos comerciales que se produce en el mundo. Las naranjas dulces son cítricos muy resistentes, solo superados por las naranjas amargas y las mandarinas, aunque las mandarinas son más susceptibles a sufrir daños por congelación. Las naranjas dulces se destinan frecuentemente al consumo en fresco, pero en los Estados Unidos y Brasil se utilizan principalmente para la producción de zumo o jugo. Las naranjas dulces se pueden clasificar en cuatro grupos:

- NARANJAS COMUNES
- NARANJAS NAVEL
- NARANJAS SANGUINAS
- NARANJAS SUCRENAS

En el cuadro 2 se presentan las características de los cuatro grupos de naranjas dulces.

CUADRO 1: Taxonomía de la naranja y de algunos cítricos.

REINO	Vegetal
ORDEN	Geraniales
SUBORDEN	<i>Geraniinea</i>
CLASE	<i>Dicoryledonea</i>
SUBCLASE	<i>Archichalmydeae</i>
DIVISIÓN	<i>Embriophyta</i>
SUBDIVISIÓN	<i>Angiospermae</i>
FAMILIA	<i>Rutacea</i>
SUBFAMILIA	<i>Aureantoidea</i>
TRIBU	<i>Citreae</i>
SUBTRIBU	<i>Citrinae</i>
GENERO	<i>Citrus L.</i>
SUBGÉNERO	<i>Citrus</i>
ALGUNAS ESPECIES	<ul style="list-style-type: none"> -<i>Citrus sinensis</i> Linn Osbeck - Naranja dulce -<i>Citrus aurantium</i> .- Naranja amarga o de Sevilla -<i>Citrus paradisi</i> - Toronja -<i>Citrus grandis</i> - Pomelo -<i>Citrus limon</i> - Limón real -<i>Citrus aurantifolia</i> - limón sutil -<i>Citrus limetta</i> - Lima -<i>Citrus reticulata</i> - Mandarina
PRINCIPALES GRUPOS DE NARANJA DULCE	
Naranja Dulce (<i>Citrus Sinensis</i> L. Osbeck)	<ul style="list-style-type: none"> -Naranja Común -Naranja Navel -Naranja Sucrena -Naranja Sanguina o pigmentada

Fuente : Kimball D. (1999)

CUADRO 2: Características de los cuatro grupos de naranjas dulces

GRUPO	ALGUNAS VARIEDADES	CARACTERISTICAS
Naranjas Comunes	Valencia, Hamlin , Salustiana, etc	<ul style="list-style-type: none"> - La variedad valencia es la naranja más frecuente de este grupo y es la variedad comercial más abundante de todas las variedades de cítricos. - Se adapta a diversas condiciones ambientales - Resisten heladas de hasta 4,5°C bajo cero
Naranjas Navel	Washington Navel, Lane's late, Navelina, etc.	<ul style="list-style-type: none"> - El zumo es en rendimiento y color inferior al procedente de la variedad valencia. - Se utiliza principalmente como consumo en fresco - No tienen pepitas y son más fáciles de pelar - En el procesado de zumo desarrolla un sabor amargo debido a la limonina que se encuentra a una concentración de 15 a 20ppm
Naranjas Sanguinas ó pigmentadas	Tarocco, Doblefina, Sanguigno Semplice,etc.	<ul style="list-style-type: none"> - Se caracteriza por su pigmentación rojiza - El zumo de esta variedad esta considerada como el más delicioso de todos los zumos cítricos, sin embargo durante el procesado y almacenamiento pierde su color y le da al zumo un color no deseado.
Naranjas Sucrenas	Sucrena, Succari, Vainiglia, etc	<ul style="list-style-type: none"> - Se caracteriza por su bajo o nulo contenido de ácidos. - En la industria de transformación de zumos existe el riesgo de crecimiento de microorganismos patógenos.

Fuente: Kimball D. (1999)

1.2.-ANATOMIA DE LA NARANJA

La anatomía de la naranja presenta características únicas , y es por ello que ocupa una posición privilegiada en la dieta humana. La figura 1 presenta la anatomía de la naranja, sus componentes se explican a continuación.

a.-Flavedo o Epicarpio (Exocarpio)

Consiste en una capa rica en cromoplastos que contiene a numerosos sacos de aceite esencial. El pigmento se concentra en pequeñas estructuras, llamadas plastidos, los cuales son verdes (cloroplastos) en frutos no maduros y gradualmente pasa de amarillo a naranja (cromoplasto, plastidos coloreados diferentes a verdes) con el proceso de la maduración. (22). También se encuentran las enzimas pépticas.

b.-Albedo (Mesocarpio)

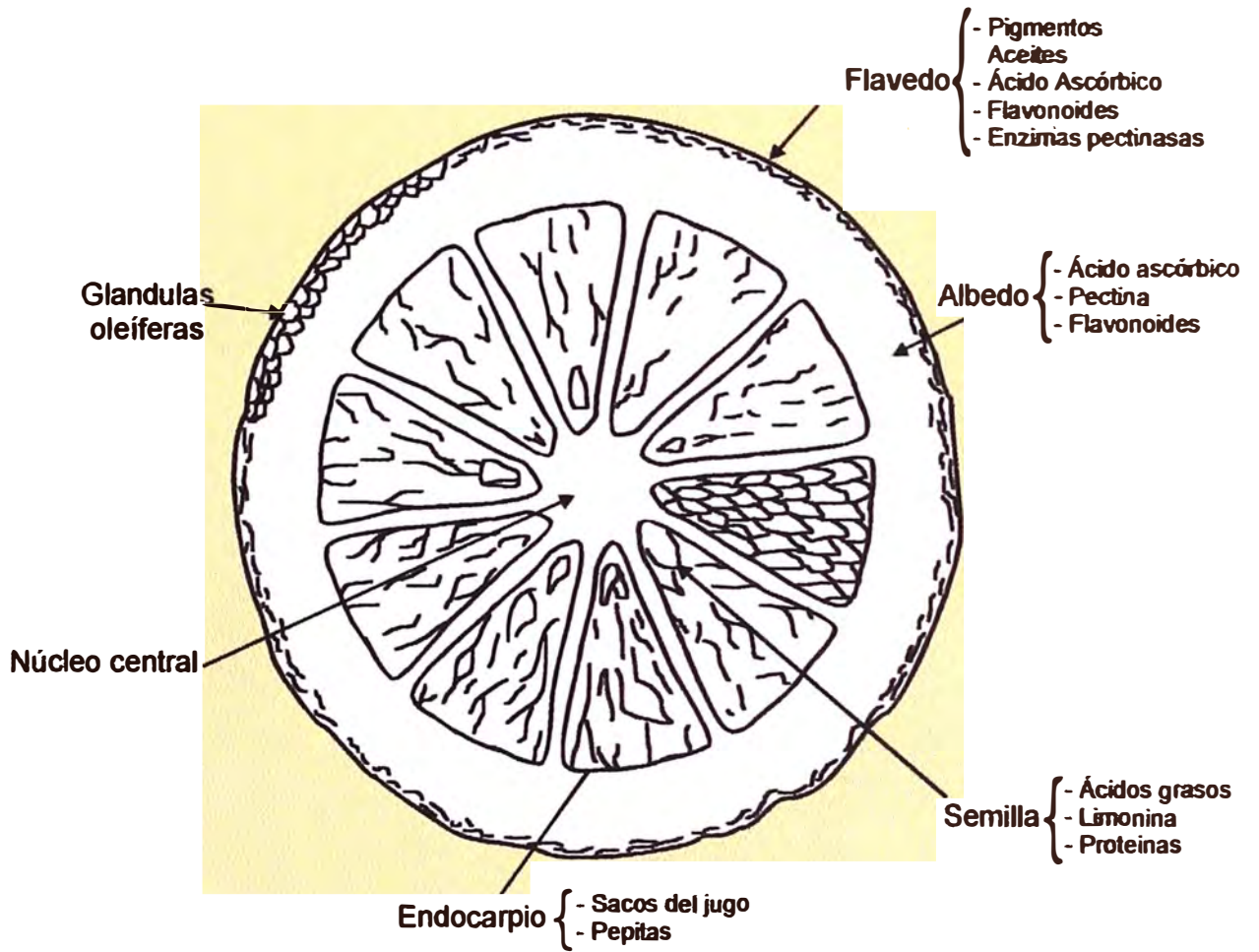
Se ubica debajo del flavedo, y es una capa de tejido de color blanco, esponjoso. Constituye la mayor parte de la corteza y forma el corazón o eje central del fruto. Se compone de células de forma y tamaño irregulares, con grandes espacios intercelulares llenos de aire (22).

En el albedo se encuentran las sustancias que dan la acidez al jugo. La mayor parte del ácido ascórbico del fruto está en la corteza (flavedo y albedo) y solo alrededor de la cuarta parte aparece en el zumo.

c.-Endocarpio

Constituye la principal posición comestible de la fruta. Está formada por segmentos (gajos), distribuidos alrededor de un corazón o eje central. Cada segmento se encuentra envuelto por una delgada membrana capilar, de origen

FIGURA 1. ANATOMIA DE LA NARANJA



epidérmico. Los gajos están constituidos por vesículas compuestas por células del jugo, dentro de estas células se encuentra la vacuola de jugo, en la cual conforme avanza el proceso de maduración de la fruta, se acumulan hidratos de carbono y agua procedentes de la savia del árbol (15).

d.-Semillas

Están situadas, por lo general en dos filas en el interior del endocarpio, exactamente alrededor del eje central, se debe mencionar que existen algunas variedades que no tienen semillas, como sucede con la variedad washington navel.

Las semillas presentan cubierta dura “lignocelulósica”, la cual contiene una importante cantidad de grasa, constituida por ácidos grasos como palmítico, esteárico, arquídico, linoleico y oleico; y proteínas que son poco abundantes en el resto del fruto. En las semillas se encuentran además la limonina o limonin, que es la que comunica el sabor amargo al jugo.

1.3.-COMPOSICION FISICA DE LA NARANJA VALENCIA

El cuadro 3 se aprecia la composición física de la naranja indicando el porcentaje en peso de sus componentes.

1.4.-COMPOSICION QUÍMICA DEL JUGO DE NARANJA VALENCIA

La composición química del jugo de la naranja es afectada por factores tales como condiciones de crecimiento, suelo, tratamiento, cultivos, madurez, variedad y clima. El cuadro 4 presenta la composición química del jugo de naranja valencia.

CUADRO 3 : Composición física de la naranja valencia

Componentes	Porcentaje en peso (%)
JUGO	50 – 55
FLAVEDO	8 – 10
ALBEDO	15 – 30
PULPA Y BAGAZO	20 – 30
SEMILLA	0 - 4

Fuente: Castillo I. , Saenz M. , Sotelo V. (1999).

**CUADRO 4 : Composición química del zumo de naranja contenido en
100g de zumo**

COMPONENTES	NARANJA VALENCIA
Agua (g)	88,60
Carbohidratos (g)	10,40
Ácidos Totales (g)	1,09
Proteínas (g)	0,60
Grasas (g)	—
Fibra (g)	0,50
Sales minerales (cenizas) (mg)	
Calcio	30,00
Fósforo	34,00
Hierro	0,10
Vitaminas (mg)	
β-Caroteno (A)	0,42
Tiamina (B1)	0,07
Riboflavina (B2)	0,03
Niacina (P-P)	0,24
Ácido ascórbico (Vitamina C)	67,30
Tocoferoles (E)	88,00 –121,00

Fuente: Castillo I., Saenz M., Sotelo V. (1999)

2. -PRODUCCION DE NARANJA EN EL PERU

La producción de naranja en el Perú se ha incrementado en los últimos años. En el año 2002 fue de 292 646 toneladas y en el 2003 creció a 305 534 toneladas, con un incremento de 12 888 toneladas, la cual no se compara con la producción de los dos principales productores mundiales como son los países de Brasil y EEUU, quienes en el año 2002 tuvieron una producción de 18 694 412 y 11 387 820 toneladas respectivamente, siendo estos países los líderes en la industrialización de la naranja y otros cítricos .

Sin embargo, la demanda de jugos cítricos y subproductos en nuestro país es creciente y la producción existente en nuestro país bien puede cubrir la demanda industrial . También existe el apoyo para el desarrollo de la producción de cítricos de parte de instituciones como la Asociación de Productores de Cítricos (PROCITRUS) (5), siendo el presidente el Señor Miguel León quien, refirió que en el año 2002 se exportaron casi 11 mil toneladas de cítricos por un monto cercano a los siete millones de dólares. Además de los países de la Comunidad Europea, también Canadá, Hong Kong, Centro América y el Caribe disfrutan del sabor de los cítricos peruanos. Los Estados Unidos de Norte América representa para la citricultura peruana un mercado potencial atractivo en contra estación y para ello hay que superar las barreras fitosanitarias impuestas por las autoridades de este país.

En el cuadro 5 se presenta la producción de naranjas en nuestro país en los últimos cinco años.

**CUADRO 5 : Producción de naranja en el Perú por regiones en toneladas
periodo : 1998-2003**

Región	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Tumbes	1 667	128	108	116	128	111
Piura	16	2 729	2 016	2 336	3 506	2 362
Lambayeque	2 706	3 003	2 937	2 874	3 268	3 402
La libertad	6 225	5 814	4 516	4 578	5 150	5 355
Cajamarca	6 562	5 450	5 689	2 979	5 777	4 778
Amazonas	1 449	4 353	4 741	4 886	4 497	4 781
Ancash	4 053	4 031	3 810	3 823	3 726	3 361
Lima	28 319	36 429	38 600	57 226	51 230	51 494
Ica	12 515	9 725	12 094	7 513	9 749	11 624
Huanuco	8 319	8 509	8 779	9 235	9 914	10 249
Pasco	3 936	4 333	5 301	3 130	3 286	3 056
Junín	98 548	107 352	112 653	115 547	127 872	139 225
Huancavelica	577	427	8 779	248	240	227
Arequipa	96	80	115	234	269	244
Moquegua	122	115	123	96	110	137
Tacna	--	---	---	---	---	27
Ayacucho	3 124	3 372	3 424	3 322	3 439	3 562
Apurimac	243	305	322	284-	320	334
Cusco	5 798	5 193	9 356	9 502	10 412	11 095
Puno	19 648	22 386	20 523	24 913	25 043	24 594
San Martín	7 980	10 807	11 495	14 135	16 117	16 894
Loreto	1 010	1321	1 477	1389	1 406	1 443
Ucayali	20 146	20 792	21 122	6 399	6 327	6 306
Madre de dios	816	765	789	767	826	862
TOTAL	233 875	257 419	381 769	275 532	292 646	305 534

Fuente: MINAG-DIA

2. 1.- VARIEDADES DE NARANJAS PRODUCIDAS EN EL PERU

En nuestro país se producen variedades de naranjas como: las criollas (parecidas a la valencia), las hamlin, la naranja lane's late, naranja china kin kan, entre otras (10). Pero las que se producen en mayor cantidad son de la variedad valencia y washington navel, también se ha incrementado en los últimos años la producción de la naranja tangelo que es un híbrido (mandarina y toronja) . En el siguiente cuadro se aprecia la aplicación de las variedades de mayor producción.

Variedad	Clasificación	Aplicación
Valencia	Naranjas Comunes	Obtener Zumo y subproductos
Washington Navel	Naranjas Navel	Fruto de mesa

2.2.- ZONAS DE PRODUCCION DE LAS PRINCIPALES VARIEDADES

La naranja Valencia se produce principalmente en la selva central en el departamento de Junín, y la variedad Washington navel se produce principalmente en los departamentos de Lima e Ica . En el cuadro 6 se presenta las zonas de mayor producción de las principales variedades producidas en el Perú.

2. 3. -COMERCIALIZACION DE LA NARANJA

Como se menciona anteriormente los principales abastecedores son los productores de la selva y la costa central, se tienen dos formas de complementarias de abastecer el mercado nacional, ya que los primeros comercializan mayormente la variedad Valencia, mientras que los segundos la variedad Washington. El productor de la Selva puede vender envasado o a granel, que a la vez puede ser llevado de esta manera al mercado mayorista o llevado a la planta procesadora, para luego ser distribuida a los supermercados y los mercados distritales. El productor de la selva también abastece a la agroindustria.

CUADRO 6: Zonas de producción de las principales variedades de naranja en el Perú

Variedad	Zonas de producción
Naranja Valencia	<ul style="list-style-type: none"> - Principal producción en la Selva Central: Junín - Chanchamayo , Satipo. - Menor producción en la Costa Central: Ica – Ica , Pisco Lima – Huaral , Chancay - Huanuco - Ancash - Puno.
Naranja Washington Navel	<ul style="list-style-type: none"> - Principal producción en la Costa Central, dividido en tres zonas: Zona Norte(Huacho , Santa Rosa, Huaral, Chancay) Zona Centro (Lima, Cañete) Zona Sur (Chincha, Pisco, Ica, Palpa) - Menor Producción en la Selva Central y otras Regiones.
Naranja Tangelo Mineola (híbrido de mandarina y toronja)	<ul style="list-style-type: none"> - Principal producción en la Selva Central, Chanchamayo y Satipo.
Naranja Criolla (variedad hortícola no definida)	<ul style="list-style-type: none"> - Huanuco - Padre abad
Naranja Kin Kan	<ul style="list-style-type: none"> - Principal producción en la Costa Central, en el valle de Huaral.
Naranja Lane´s late	<ul style="list-style-type: none"> - Principal producción en la zona de Huacho.

Fuente: Procitrus (1998)

Por otro lado el productor de la Costa, generalmente vende su producción envasada que se destina al mercado Mayorista No. 2 , supermercados y mercados distritales, también se debe considerar el destinado a los mercados de otros departamentos.

2. 4. -OFERTA DEL ZUMO DE NARANJA EN LIMA

Como se ha visto, la variedad de naranja que se destina para la industrialización de Jugos de naranja es de la variedad valencia , las otras variedades como la washington nave se destinan a su consumo como fruta de mesa. En lo referente a jugos de fruta en el mercado, existen básicamente dos segmentos : los Néctares que son elaborados a base de jugos naturales y jugos concentrados, y los jugos no naturales o Citrus Punch, fabricadas a base de esencias sintéticas importadas de frutas (9).

En el cuadro 7 se presentan las principales empresas ofertantes de jugo de naranja en Lima metropolitana .

2. 5.-DEMANDA DE JUGOS Y NECTARES

Las estadísticas de 1999 indican que el consumo per cápita de jugos y néctares en el Perú es solo 0,4 l /por año, mientras que en Europa es de 17 l /año y en EEUU de 32 l /año. Actualmente la demanda de jugos naturales en Europa y EEUU es creciente, es por ello que se debe pensar en la industrialización de jugos de naranjas y otras frutas para consumo nacional y para exportación (9).

CUADRO 7: Algunas empresas ofertantes de jugos de fruta en Lima

EMPRESA	MARCA DEL PRODUCTO	
	JUGOS NATURALES (NECTARES)	JUGOS NO NATURALES (CITRUS PUNCH)
AGRARIA EL ESCORIAL	Samoa	Tampico
FRUTOS DEL PAIS	Frugos Watt's	Frugos fresh
INDALSA	Selva	Jungla Kid
EGASA-DANLAC	Valle del Sur	Domino
SOCIEDAD GANADERA DEL CENTRO		Guajira
GLORIA	Gloria jugo de naranja	
LAIVE	Laive jugo de naranja	

Fuente : Castillo I., Saenz M., Sotelo V. (1998)

3.-PROCESAMIENTO DEL ZUMO DE NARANJA

Para la elaboración de otros tipos de zumos de naranja se necesitan los zumos concentrados y los naturales pasteurizados.

3.1.-ZUMO CONCENTRADO DE NARANJA

Es el producto obtenido a partir del zumo natural de naranja, por eliminación, mediante procedimientos físicos de una gran parte de su agua de constitución. Cuando se destine al consumo directo tendrá las mismas características que el zumo natural, pero su grado de concentración será al menos del 50%.

Presenta la ventaja de reducir el volumen para almacenamiento y transporte, desactiva las pectinasas que afectan la materia opaca, y está protegido del deterioro microbiológico debido al tratamiento térmico.

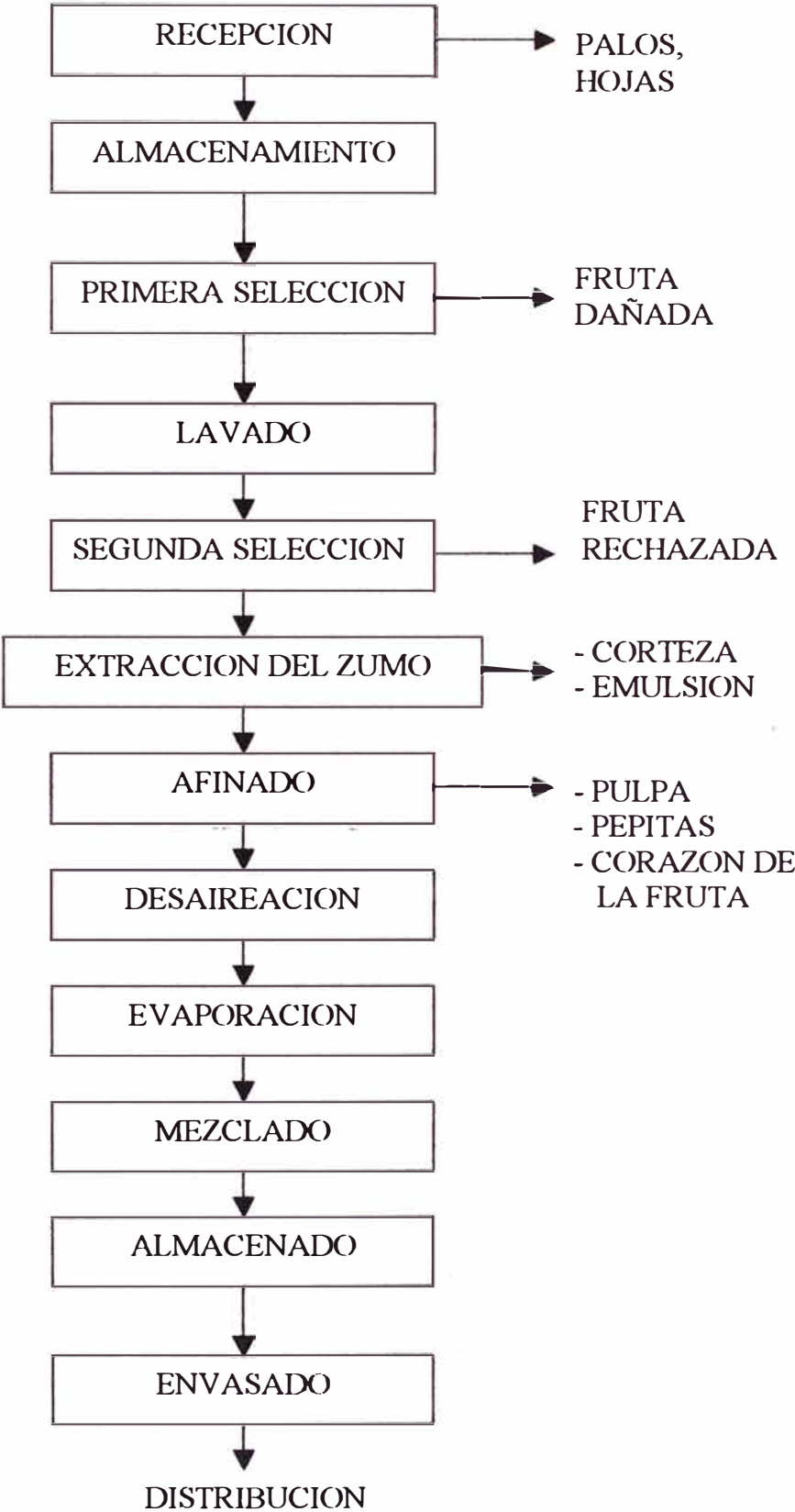
3.1.1.-PRINCIPALES ETAPAS DEL PROCESAMIENTO DEL ZUMO CONCENTRADO

La figura 2 presenta el diagrama de flujo del proceso de elaboración del zumo concentrado. A continuación se realiza una descripción de las principales etapas .

a.-Recepción de la Naranja

La naranja que se utiliza en la planta extractora de zumo, puede provenir directamente del campo o de centrales frutícolas.

FIGURA 2: Diagrama de flujo del proceso de elaboración de zumo de naranja concentrado



La fruta procedente del campo , se transporta normalmente en remolques abiertos. Con la fruta procedente del campo es necesario realizar una selección preliminar durante la descarga , donde también se eliminan palos y hojas. En cambio , en el caso de la fruta procedente de una central frutícola no es necesario una selección preliminar durante la descarga , ya que la fruta viene ya clasificada y sin impurezas.

b.-Almacenamiento

En la planta, la naranja se puede descargar directamente para su procesado inmediato, o bien se puede almacenar en grandes depósitos diseñados adecuadamente para evitar problemas de deterioro del fruto. Durante el almacenamiento se debe tener en cuenta que los montones de naranjas no sean muy elevadas para evitar una excesiva presión sobre las capas inferiores; el almacén debe poseer una buena ventilación , ya sea natural o artificial para evitar daños en la fruta.

c.-Primera selección

Las naranjas pasan por bandas transportadoras al ingresar a la planta . En esta etapa se descartan naranjas que no cumplan con los índices de calidad tales como : intensidad y uniformidad de color , firmeza, tamaño, forma, suavidad de la cáscara y ausencia de pudriciones y defectos físicos como: daño por congelación y por insectos. Las pérdidas por selección se estiman en un 2%.

Mientras se realiza la selección , se van escogiendo al azar algunas naranjas hasta completar una muestra generalmente de 64 frutos; estas muestras se llevan al laboratorio de control de calidad , se les extrae el jugo y por diferencia de peso entre el jugo y el resto de la fruta se obtiene el rendimiento. De la cantidad de jugo extraído se toma 25ml , para medir la acidez total, los grados Brix y la relación entre ambos.

Dependiendo de los resultados de laboratorio y de la cantidad de naranjas rechazadas con respecto al lote total, se decide si se sigue recibiendo la naranja o se rechaza. Si el jugo es de baja calidad, el pago de la materia prima se ve afectado.

d.-Lavado

La fruta procedente del campo generalmente está sucia e incluso puede contener residuos de plaguicidas que pueden contaminar a los productos procesados ; para evitar mayor problema es que se efectúa el lavado para eliminar sustancias extrañas adheridas a la fruta , así como un gran porcentaje de microorganismos y esporas causantes del deterioro de los productos. Dependiendo de la capacidad de la planta , el lavado puede realizarse por inmersión o por aspersión

Posteriormente o durante el lavado , se recomienda desinfectar la fruta , existen diversos productos comerciales con especificaciones propias. El hipoclorito de calcio es uno de ellos y es usado en una concentración promedio de 300 ppm.

e.- Segunda selección o calibrado

Se efectúa con el fin de separar las naranjas de acuerdo al tamaño y aquellas en mal estado que hayan escapado a la primera selección. El Departamento de Agricultura de los EEUU (USDA) no permite que quede más de un 10% de fruta rota ni más de un 2% de fruta con señales de deterioro después de la selección. La fruta desechada se combina con los residuos de corteza y se llevan al exterior de la planta.

Este calibrado se realiza para la correcta operación de los extractores , ya que ellos están calibrados para extraer jugo de acuerdo al tamaño de las naranjas . En el extractor FMC el tamaño de la fruta debe ajustarse al de la copa del extractor.

f.-Extracción del Zumo

La extracción del jugo puede efectuarse a mano o automáticamente. El extractor más simple esta constituido por una cabeza rotatoria , semejante a la de los extractores caseros, movido por un motor.

En industrias donde se procesan gran cantidad de naranjas, la extracción se realiza mediante dos tipos de extractores , los extractores de zumo de copas FMC y los extractores Brown , son los equipos de referencia en la extracción de zumo de cítricos. Ambos tipos de extractores tienen una aceptación alta y ambos producen zumos de cítricos de gran calidad. En el Apéndice 1 se explica el funcionamiento de estos dos tipos de extractores.

En el cuadro 8 se hace una comparación de los extractores FMC y Brown .

g.-Afinadores ó Tamizadores

La operación de afinado o tamizado se realiza para separar, pulpa, residuos ,semillas. Los afinadores de FMC empujan el zumo y la pulpa contra el tamiz mediante una prensa de tornillo , que está incluido en el mismo extractor; mientras que los afinadores Brown pueden disponer de una prensa de tornillo o bien de una rueda de paletas

Los zumos producidos con cualquiera de los dos tipos de extractores deben someterse a dos operaciones de afinado . El primer afinador , tiene en general orificios de aproximadamente 1mm de diámetro, mientras que los orificios del

CUADRO 8: Comparación de los extractores FMC y BROWN

Extractor FMC	Extractor BROWN
<p>Ventaja:</p> <ul style="list-style-type: none">• Produce Zumo más higiénico.• En un solo proceso se obtiene zumo, emulsión de aceite, corteza y material del corazón de la fruta.• El afinado primario se realiza en el tubo perforado durante la extracción. <p>Desventaja:</p> <ul style="list-style-type: none">• El contenido de aceite en el zumo es mayor. <p>Para evitar la excesiva presencia de aceite en el zumo se puede usar un extractor Premiun Juice Extractor.</p>	<p>Ventaja:</p> <ul style="list-style-type: none">• Produce un zumo con menos cantidad de aceite. <p>Desventaja:</p> <ul style="list-style-type: none">• Es probable que el zumo entre en contacto con la parte externa de la fruta, es frecuente encontrar trozos de corteza flotando en el zumo extraído antes del afinado primario.• Produce zumo más amargo, porque el zumo permanece en contacto con las vesículas durante más tiempo antes del afinado primario

afinador secundario son en general de aproximadamente 0.5mm de diámetro . En el extractor de zumo FMC , el afinado primario se realiza en el tubo perforado durante la extracción y el afinado secundario se realiza a continuación en un afinador externo. Cuando la extracción de zumo se realiza mediante el sistema Brown se deben utilizar dos afinadores externos.

h.-Desaireación

Durante los procesos anteriores el zumo adquiere burbujas de aire que deben ser eliminadas para mantener la concentración de vitaminas C y reducir los cambios de color durante el almacenado. Sin embargo , después de 2-3 semanas, la cantidad de vitamina C depende más de la temperatura de almacenamiento y de la degradación de enzimas.

Se utilizan varios procedimientos para eliminar el aire. Un equipo normal trabaja al vacío y a temperaturas por debajo de la ebullición.

i.-Concentración

La concentración se realiza por evaporación a vacío de parte del agua del zumo extraído. Los métodos más usuales son: por evaporadores tubulares de película descendente; de placas; centrífugos; de bomba de calor, todos ellos tienen en común que el producto obtenido pierde alguna de sus características organolépticas.

Para evitar o reducir este problema, los evaporadores se han modificado con el tiempo con la finalidad de ocasionar la menor alteración en la calidad del zumo. Los evaporadores modernos se basan en el concepto de que las bajas temperaturas de evaporación compensan el largo tiempo de residencia, porque evitan los daños que ocasiona el calor; y el éxito de los pasteurizadores de altas temperaturas-corto tiempo han demostrado que no causan deterioros al zumo por el calor, ya que el

tiempo de exposición a temperaturas elevadas es muy breve. Estas experiencias dieron lugar al diseño de los evaporadores modernos (1).

Existen dos tipos principales de evaporadores modernos. El tipo más común y uno de los más eficientes es el evaporador de termo aceleración o evaporador TASTE, en el Apéndice 2 se da una representación esquemática de un evaporador TASTE de cuatro efectos. Generalmente los evaporadores de termoaceleración constan de siete efectos. El principio del funcionamiento de este tipo de evaporador se basa en el efecto de la nube turbulenta descendente. Cada uno de los efectos recibe calor de un intercambiador de calor tubular alimentado por el condensado de otro efecto. El primer efecto recibe calor del vapor de agua generado en una caldera. La niebla del producto cae libremente por los tubos y mientras cae absorbe calor y pierde humedad, lo que produce una caída de la presión y una aceleración de las partículas del zumo (termo aceleración), que llegan a alcanzar en la parte inferior del tubo casi la velocidad del sonido. El agua evaporada en el primer efecto actúa como fuente de calor del intercambiador de calor en el segundo efecto. Ya sea por termo aceleración o por efecto del vacío, parte del agua del zumo se transforma en vapor que a su vez se utiliza como fuente de calor para el calentamiento del zumo en el siguiente efecto, aguas abajo, y así sucesivamente para todos los efectos de que este constituido el evaporador. El condensado del último efecto se procesa en el sistema de recuperación de aromas y d-limoneno que suelen acompañar a la mayoría de los evaporadores TASTE. Los evaporadores TASTE pueden evaporar hasta más de 100 000 kg de agua por hora, también existen de menor capacidad como los de tres efectos que evaporan unos 3 000 kg de agua, también usan intercambiadores de calor de placas. Actualmente en Brasil se están usando los evaporadores TVR evaporadores de recompresión térmica de vapor, este tipo de evaporador presenta el mismo tiempo de residencia para el zumo y es capaz de evaporar la misma cantidad de agua que los evaporadores TASTE, la única diferencia es que utiliza el calor procedente de la recompresión del vapor en lugar del calor cedido

directamente por el vapor, utilizando solo cinco efectos lo cual se traduce en una mejor calidad del concentrado debido al menor tratamiento térmico(15).

El concentrado pasa por bombeo al enfriamiento rápido en depósitos de mezclado provistos de agitadores, donde cada lote de concentrado se normaliza y es bombeado a través de sistemas refrigerados a grandes tanques de acero inoxidable, situados en una zona refrigerada

j.-Mezclado

El concentrado pasa por bombeo al enfriamiento rápido en depósitos donde se realiza un mezclado para poder elaborar un producto homogéneo. Las características de mayor interés en el mezclado son el Brix, el porcentaje de acidez, la razón Brix / ácido, el contenido de aceite, el contenido de pulpa, y en ocasiones el contenido de limonina en partes por millón, también es frecuente realizar mezclas para ajustar el color, pero este es un parámetro difícil de prever con cálculos matemáticos, comparado con los anteriores (15).

k.-Almacenado

El concentrado de 65°Brix se congela y se almacena aproximadamente de -7 a -9°C . Los tanques de refrigeración para el almacenamiento son de acero inoxidable. La mayoría tiene una parte superior abovedada, la parte central cilíndrica y la parte inferior inclinada por donde entra el producto(1)

l.-Envasado

El concentrado se puede envasar mediante un llenado en frío, se envasa en latas u otro tipo de envase mediante llenadores de pistón, se tapa y se transporta a través del túnel de congelación y se conserva antes de expedirlo a -17°C . La masa concentrada se carga en remolques a -6 y -9°C .

El zumo concentrado congelado consiste en un puré empacado, en bolsas de polietileno; estas se colocan dentro de estañones de 204L de capacidad, conteniendo un promedio de 200L de jugo de naranja concentrado y congelado a -23°C , con una relación acidez / brix de 15 a 16. Importantes partidas se envían a las industrias de jugos de fruta para la elaboración de una gran variedad de jugos de naranjas en base a su concentrado, quienes hacen sus propias mezclas así como el zumo reconstituido que necesita diariamente el mercado.

3.1.2.-ESPECIFICACIONES DEL ZUMO CONCENTRADO

Para registrar la autenticidad del zumo concentrado de naranja se pueden usar las especificaciones utilizados en la industria de jugos de naranja de los Estados Unidos. Se aprecia en el cuadro 9.

3.1.3.-APLICACIONES DEL ZUMO CONCENTRADO

La aplicación del zumo concentrado y congelado es muy amplia para la producción de otro tipo de zumos y bebidas.

- **Bebidas Isotónicas:** Son una solución óptima , para la reposición de agua y minerales perdidos durante un esfuerzo físico constante. Poseen una concentración de electrolitos tal que ejercen una presión osmótica similar a la de la sangre, permitiendo acelerar la velocidad de absorción de los nutrientes, con los que el cuerpo fatigado se recupera rápidamente. Las bebidas isotónicas en base al zumo concentrado de naranja, tiene gran aceptación en el mercado nacional y en el extranjero. En el Apéndice 3 se da la composición de una bebida isotónica en base a jugo de naranja, también el flujo de operaciones considerado para su elaboración.

CUADRO 9: Especificaciones del zumo de naranja concentrado.

Parámetro	Limites aceptables
Azúcares totales(%) Fructosa (%) Glucosa (%) Sacarosa(%) Proporción glucosa / fructosa Proporción de sacarosa en azúcares totales (%)	7,2-10,8 2-3 2-3 3-5,5 1,00 30-60
Proporción de azúcares totales en sólidos solubles (Brix)(%)	61-91,5
Sodio (ppm) Potasio (ppm) Calcio (ppm) Magnesio (ppm) Fósforo (ppm)	≤50 ≥1 400 65-120 95-170 120-130
Ácido isocítrico (ppm) Naringina (ppm)	≥44 <2
Benzoato de sodio Sorbitol	0 0
Fluorescencia	2 picos a 270-306nm
Proporción de isótopos estables expresada Como $\delta^{18}\text{O}$ (OSIRA) (%)	≥+10,0 (a 63° Brix) ≥0 (a 42° Brix) ≥0 (zumo fresco) ≤0 (zumo reconst.)

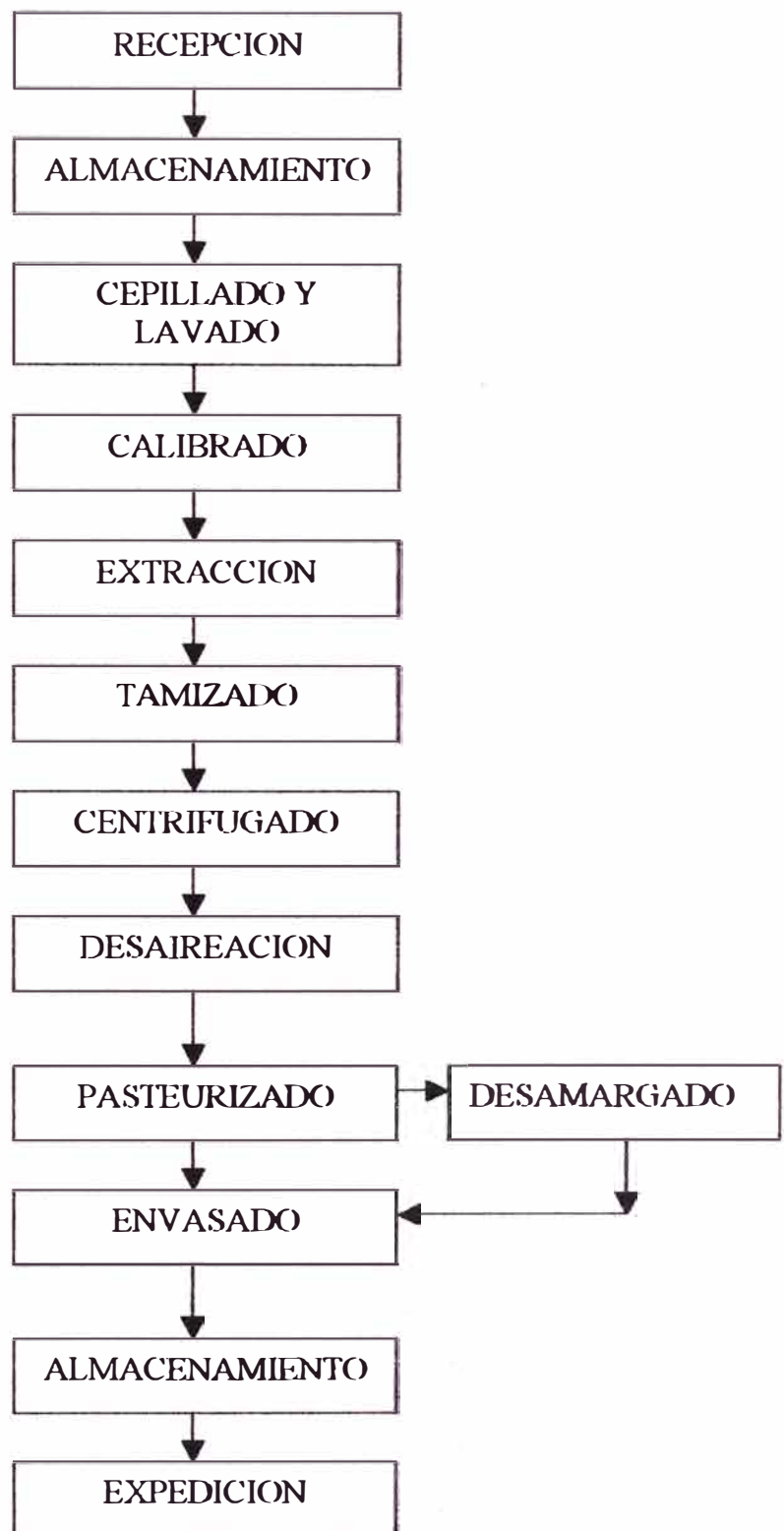
Fuente: Kimball D. (1999)

- **Zumos Reconstituidos:** Son los obtenidos a partir de zumos concentrados con restitución del agua y del aroma extraídos. Tendrán las características organolépticas y analíticas equivalentes a las de los zumos naturales.
- **Zumos y Concentrado Azucarados:** Son los zumos concentrados a los que se han añadido alguno de los azúcares siguientes: sacarosa, dextrosa monohidratada, dextrosa anhidra, jarabe de glucosa deshidratado (con un máximo del 30% de oligosacáridos) o fructosa, en cantidad que, expresada en materia seca, no podrá sobrepasar de 100 g / l en naranja.
- **Néctares:** Es el producto obtenido por la adición de agua y azúcar a los zumos naturales o concentrados, o a sus mezclas. También se podrán utilizarse : jarabes de glucosa y sacarosa invertida y soluciones acuosas de sacarosa. El contenido del zumo de naranja será igual o superior al 40% ; la cantidad total de azúcares no podrá sobrepasar el 20% en masa con relación a la masa total del producto terminado.
- **Zumos Deshidratados:** Son los concentrados en forma sólida, obtenidos a partir de zumos concentrados o naturales y en los que el contenido en agua es inferior al 10%. Estandarizados y llevados a concentración simple deberán cumplir las características y condiciones de los zumos naturales.

3.2.-ZUMO DE NARANJA PASTEURIZADO

Es el zumo natural (fresco), obtenido por medio de procesos físicos de extracción, filtrado, desaireación, pasteurización y desamargado (según la variedad), conservando prácticamente todas las características del fruto fresco. En la figura 3 se aprecia el diagrama de flujo del proceso de elaboración del zumo de naranja pasteurizado.

FIGURA 3: Diagrama de flujo del proceso de elaboración del Zumo de Naranja Pasteurizado



3.2.1.- LA PASTEURIZACION

Con la pasteurización se consigue la inactivación enzimática y microbiológica que producen la degradación del zumo de naranja. El zumo ingresa al pasteurizador a una temperatura de 15°C donde se produce un precalentamiento del zumo hasta los 40°C, sufriendo luego un salto térmico a temperaturas de 85 °C en 30 segundos. Según estudios realizados (15) , zumos de cítricos con pH de 2,5 a 4,0 fueron pasteurizados satisfactoriamente a temperaturas de 65 a 75 °C siendo la pasteurización óptima a 75°C y pH 2,7 durante 12 minutos. Durante la pasteurización se pierden pequeñas cantidades de agua y componentes de sabor, que ha menudo se restituyen tras la pasteurización para recuperar el sabor original del zumo.

La pasteurización se realiza generalmente en un intercambiador de calor de placas que contiene una sección en la que se produce el calentamiento y otra en la que el zumo de naranja es inmediatamente enfriado hasta 25°C.

3.2.2.-DESAMARGADO

En las naranjas del tipo Washington navel durante el proceso de extracción del zumo se produce la liberación del ácido limonóico , el cual durante el proceso de pasteurización, al llegar a la temperatura de 40 °C se transforma en limonina, responsable máximo del amargor del zumo. El zumo procedente del pasteurizado a 25°C es enviado a la línea de desamargado, donde se produce una tratamiento con resinas dando lugar a un intercambio por adsorción química, quedando la limonina adherida a la resina. Esta tecnología se explicara en el capítulo 5.

3.2.3.-TRATAMIENTO FINAL DEL ZUMO PASTEURIZADO

Luego del proceso de pasteurización, los zumos de naranja tipo común, son enviados a la bodega frigorífica (donde llegan a una temperatura entre 4 - 5°C)

para su conservación o almacenamiento, durante un máximo de 7 días a una temperatura de 1°C; posteriormente el zumo es calentado de nuevo hasta 85°C para proceder a su embotellado. El zumo pasteurizado, se puede encontrar a temperaturas entre 80 y 90°C , entonces se realiza el llenado en caliente. Luego los envases se enfrían debajo de un pulverizador de agua, saliendo a 38°C. Se almacena el producto y se distribuye a bajas temperaturas por el corto periodo de vida útil que tiene, ya que cambia con el tiempo en cuanto al color y gusto.

A veces por requisito del mercado se considera la adición de pulpa, la cual se realiza en un deposito dotado de sistemas de dosificación.

La comercialización del zumo se efectuara a través de envases de 1L o bien a través de cisternas para su venta a granel.

3.2.4.-ESPECIFICACIONES DEL ZUMO DE NARANJA PASTEURIZADO.

La norma técnica peruana 203.001 ITEN TEC (1976) y la española 34015h1 UNE (1990) coinciden en definir al jugo de naranja como el líquido obtenido de las naranjas, no diluido, no concentrado, no fermentado y sometido a un tratamiento térmico que asegure su conservación en envases herméticos. En el cuadro 10 se dan los requisitos que debe cumplir el jugo de naranja pasteurizado.

CUADRO 10. Especificaciones del zumo de naranja pasteurizado

Requisitos	Valores
Densidad relativa a 20° C pH Acidez en g/100cm ³ de ácido cítrico anhidro °Brix a 20°C (masa/masa) Relación Brix / Acido Sólidos en suspensión en porcentaje	<p>Mín. 1,040 Mín. 3 Mín. 0,75; Máx. 1,40 Mín. 10 Mín. 8; Máx. 18 Máx. 10</p>
Contenido de ácido ascórbico en mg/ 1000cm ³ Contenido de aceite esencial, en mg/1000cm ³	<p>Mín 350 Máx. 0,4</p>
Contenido de plomo (Pb), en mg/Kg Contenido de arsénico (As), en mg/Kg Contenido de Cobre (Cu), en mg/Kg Contenido de fierro (Fe), en mg/Kg Contenido de Estaño (Sn), en mg/Kg	<p>Máx 2,0 Máx. 0,1 Máx. 10,0 Max. 10,0 Máx. 150,0</p>
Benzoato de sodio y/o sorbato de potasio (solos o en conjunto) en g/100 cm ³	Máx. 0,05
Sabor Color Olor	<p>Exento de gusto a cocido o de oxidación de terpenos u otro sabor objetable Brillante, característico Aromático, distintivo.</p>
Contenido de mohos (Método Howard)(1)	Máximo de campo positivo 5 por cada 100 campos.
Bacterias patógenos	No deberá contener

Fuente: NTP 203.001 (1976)

4.-CONTROL DE CALIDAD EN EL ZUMO DE NARANJA

La caracterización y análisis de los zumos cítricos es muy importante en el proceso de elaboración del mismo. A continuación, se describen los análisis rutinarios que son importantes en todo programa de control de calidad en la elaboración de zumos.

4.1.-BRIX Y SÓLIDOS SOLUBLES

Los sólidos solubles que se encuentran en el zumo, están representados en un 80% por los carbohidratos, de ellos la mitad es sacarosa y el resto glucosa, fructuosa y otros carbohidratos. El 20% restante están formados por ácidos orgánicos, sus sales, entre otros compuestos químicos. El Brix o grados Brix, que se determinaba mediante mediciones de densidad, se utilizaba en zumos de fruta como sinónimo de porcentaje de sacarosa o porcentaje en peso de sólidos solubles. Por ello la escala Brix que relaciona la densidad con la concentración de sólidos solubles se convirtió en la escala de referencia para la medición de la concentración de zumos en la industria de cítricos. La determinación se realiza mediante instrumentos de medición como el hidrómetro y refractómetro.

a.-Determinación del grado Brix

La determinación del grado Brix en los zumo de cítricos se realiza mediante el uso de: hidrómetro ó refractómetro.

a.1.-Medición con el Hidrómetro

Factores que afectan la lectura:

- los gases disueltos en el zumo pueden afectar el empuje hidrostático, para evitar esto es conveniente desairear previamente el zumo.
- La temperatura afecta la densidad de la disolución , por lo que muchos hidrómetros calibrados para medir el Brix disponen de un termómetro incorporado, al que acompaña una escala de corrección por temperatura que permite corregir la lectura directa del Brix obtenida.
- Los hidrómetros se usan para medir el Brix de zumos no concentrados en los que las correcciones de acidez son pequeñas. Por ello no se realizan correcciones de acidez de las mediciones realizadas con hidrómetros.

a.2.-Medición con refractómetro.

El uso de refractómetros para la medición del Brix de los zumos de cítricos presenta las siguientes ventajas en comparación con el hidrómetro.

- Se necesita como muestra de 2 a 3mL de zumo mientras que para la medición con hidrómetro se necesitan alrededor de 200 mL o más.
- Con el refractómetro no es generalmente necesaria la desaireación.
- La medición del Brix se puede realizar en menos tiempo y se puede medir en un intervalo más amplio , que puede ser incluso de 0 a 70 ° Brix , lo cual es importante en plantas que elaboran zumos concentrados.

Estas ventajas son suficientes para justificar el uso de refractómetros en plantas de elaboración , a pesar de su elevado coste. En el cuadro 11 se da una tabla con los valores mínimos de Brix para zumo de naranja según la norma de calidad del USDA.

CUADRO 11: Valores mínimos de brix del zumo de naranja según la norma de calidad del USDA.

Tipo de zumo	Grado A	Grado B
Zumo de naranja (ZN)pasteurizado	11,0*	10,5*
ZN de acidez reducida	41,8*	41,8*
ZN de acidez reducida reconstituido	11,8*	11,8*
ZN en polvo	11,8*	11,8*
ZN concentrado congelado	42	42
ZN concentrado congelado reconstituido	11,8*	11,8*
ZN concentrado enlatado	42	42

*Únicamente sólidos del zumo, antes de la adición de azúcar o sin adición de azúcar

Fuente: Kimball D. (1999)

4.2.-ACIDEZ

La acidez de los zumos de cítricos es el segundo factor de calidad más importante después del Brix. Los ácidos en los zumos de naranja están representado principalmente por el ácido cítrico y el ácido maleico. Los ácidos proporcionan a la naranja su característico gusto a ácido o agrio, y constituyen una parte importante de los sólidos solubles.

a-Determinación de la Acidez

En la determinación de la acidez de los zumos de cítricos generalmente los resultados se interpretan como si todo el ácido fuera ácido cítrico no disociado. En realidad, el ácido cítrico en disolución puede estar en forma parcialmente disociada, como es el ácido cítrico diprótico.

Los métodos de valoración química determinan la concentración total de hidrógenos ácidos independientemente de si están en forma libre o no disociada. Para la valoración de la acidez se utiliza NaOH 0,1562N, usando como indicador fenoltaleina al 1% en metanol y agua 1:1. Si se utiliza un medidor de pH, la valoración se realiza hasta un pH de 8,2, dado por el USDA para determinar la calidad de los zumos y concentrados de cítricos.

Para el cálculo del porcentaje de acidez se utiliza las siguientes ecuaciones:

Para Zumo Concentrado de naranja:

$$\%acidez = \text{mililitros consumido} / \text{g concentrado}$$

Para Zumo no Concentrado de naranja:

$$\%acidez = \text{mililitros consumido} / 10,4g.(15)$$

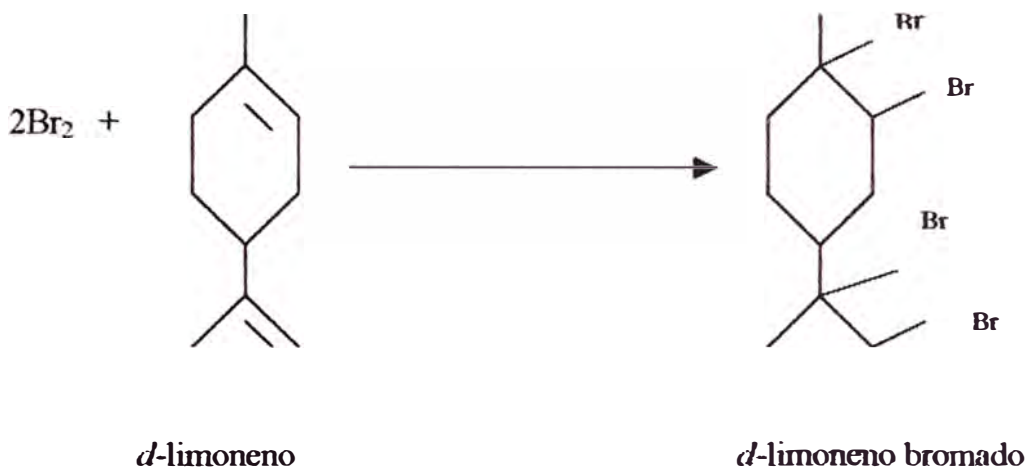
4.3.- RELACION BRUX /ACIDO

La relación Brix / ácido , que se obtiene dividiendo el Brix corregido por acidez y temperatura, entre el porcentaje en peso de acidez valorable expresada en ácido cítrico. La relación B/A es uno de los indicadores más utilizados de la calidad del zumo y de la madurez de la fruta . Para frutos de mesa la relación B/A debe ser de 8:1 a 10:1, sin embargo para los zumos comerciales el B/A debe alcanzar al menos 13. Los consumidores de zumos cítricos generalmente prefieren un B/A de 15 a 18, pero esto varía en función del producto y de las preferencias individuales. En la industria de zumos dicho índice es fundamental en todo momento. La evolución del índice B/A está relacionada con los cambios del Brix y del contenido de ácidos de la fruta. De los dos parámetros influye más el nivel de acidez. El Brix varía entre alrededor de 9 y 15 %, mientras que el porcentaje de acidez varía entre 0,5 y 1,5 %, es decir puede llegar a multiplicarse por un factor de tres.

4.4.-CONTENIDO DE ACEITE EN LOS ZUMOS CITRICOS

Más del 90% del aceite de cítricos es el limoneno , se presenta en forma natural únicamente como enantiomero dextrógiro (*d*-limoneno), es por ello que la industria ha adoptado como norma la medición del contenido de d-limoneno como valor representativo del contenido de aceite. El *d*-limoneno en exceso produce una sensación irritante en la lengua, es por ello que se debe controlar su contenido. Por ser el d-limoneno el enantiomero dextrógiro, su concentración se puede medir por medio de la actividad óptica. La polarimetría se puede utilizar para caracterizar los aceites concentrados mediante su contenido de d-limoneno. La polarimetría es un método más rápido y sencillo. La rotación óptica generalmente disminuye conforme aumenta la madurez de la fruta.

También se puede utilizar el método de Scott (15) ; el cual consiste en la adición de Bromo a los dos dobles enlaces del *d*-limoneno. Se aprecia en la siguiente reacción:



El bromo reacciona preferentemente con el *d*-limoneno hasta que se agote el *d*-limoneno no bromado y comienza a reaccionar con el naranja de metilo de color rosa o violeta y se produce la pérdida de color que señala el punto final de valoración. Esta reacción química es una eficaz herramienta para el control de calidad rutinario mediante la detección del punto final con naranja de metilo, un indicador de valoración ácido-base.

Según las normas de calidad dadas por la USDA sobre el contenido de aceites de productos cítricos este se permite hasta 0,035% de aceite. Los zumos de naranja comerciales generalmente contienen alrededor de 0,015 a 0,025% de aceite.

4.5.-CONTENIDO VITAMINA C

La vitamina C, también conocida como ácido ascórbico, se ha asociado desde hace tiempo con la calidad nutritiva de los cítricos. Aunque otras frutas y hortalizas tienen mayores contenidos de vitamina C, pocos tienen el color y sabor

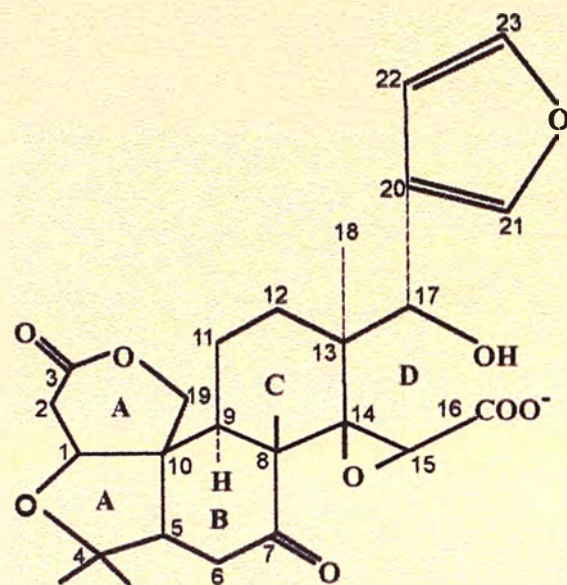
tan atractivos de los cítricos que los hacen tan apreciados. Además, la vitamina C de los zumos de cítricos es muy estable y apenas se degrada durante el almacenamiento, lo cual representa una ventaja añadida desde el punto de vista nutritivo.

Aunque la vitamina C es uno de los principales nutrientes de los zumos de cítricos, dada su gran estabilidad y que su contenido es generalmente bastante uniforme, las industrias no suelen realizar análisis rutinarios del contenido de vitamina C, ya que no lo consideran generalmente un parámetro de calidad importante. Sin embargo, ocasionalmente puede ser necesario conocer el contenido de vitamina C, especialmente a efectos del etiquetado nutricional, en cuyo caso se puede utilizar alguno de los dos siguientes métodos de análisis: Valoración del contenido de vitamina con indofenol, y el método de cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC), que utiliza reactivos de par iónico, se puede utilizar tanto para determinar el contenido de ácido L-ascórbico como el de ácido deshidroascórbico. El ácido deshidroascórbico se hace reaccionar con 1,2-fenilendiamina para convertirlo en un derivado con mayor capacidad de absorción de luz ultravioleta (UV) (1).

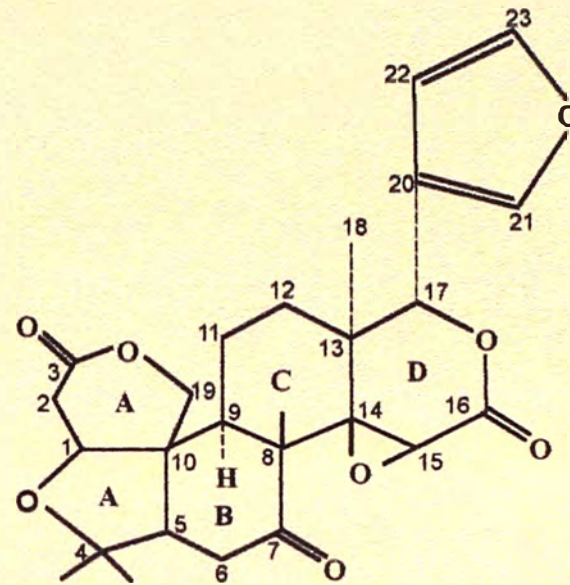
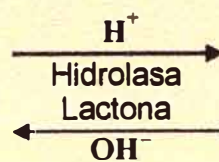
En las naranjas casi el 75% de la vitamina C está en la corteza. El contenido de vitamina C de los cítricos disminuye conforme aumenta su grado de madurez(15).

4.6.-CONTENIDO DE LIMONINA

La limonina es el principal componente amargo de los zumos de naranja, pueden provenir de las pepitas , pero en el caso de naranjas que no tienen pepitas, la limonina puede provenir de la célula del jugo, el cual aparece durante el proceso de extracción pasando la lactona de anillo-A a limonina en el medio ácido. En figura 4 se da la reacción.



LIMONOATO ANILLO A



LIMONINA

FIGURA 4. CONVERSIÓN DE LIMONOATO LACTONA DE ANILLO A A LIMONINA Y VICEVERSA

Se han utilizado diversas técnicas para la determinación del contenido de limonina, como la espectroscopía, la cromatografía de capa delgada, la cromatografía de gases y la cromatografía HPLC, es el método más usado.

4.7.-EL COLOR DEL ZUMO DE NARANJA

Los vivos colores naturales de los zumos de cítricos han sido considerados tradicionalmente una de sus principales ventajas sobre otros productos alimentarios. La pigmentación característica, es debida a la presencia de carotenoides.

CALIFICACIÓN DEL COLOR SEGÚN EL USDA

El departamento de agricultura de los EE.UU. (USDA) ha establecido una norma para la categorización del color de zumos de naranja por comparación con patrones de color, concretamente seis tubos de plástico coloreados, desde un naranja claro (OJ1) a un naranja oscuro (OJ6). Estos tubos se pueden utilizar para comparación directa de color o bien para el calibrado de colorímetros autorizados por el USDA. Los tubos, como la mayoría de los materiales coloreados, son sensibles a la luz, y la exposición prolongada puede hacer que su color pierda intensidad, por lo que deben almacenarse en un lugar oscuro. La comparación directa del color de zumos de cítricos con el de los tubos se debe realizar conforme los métodos especificados. En la figura 5 se aprecian los patrones de color para zumo de naranja. En el cuadro 12 se tiene una tabla de puntuaciones de color del USDA para zumos de naranja por comparación con los patrones de color de plástico, así como las categorías establecidas por el USDA en función de la puntuación de color

También se puede utilizar colorímetros Hunter (prueba triestímulo). Entre los cuales tenemos

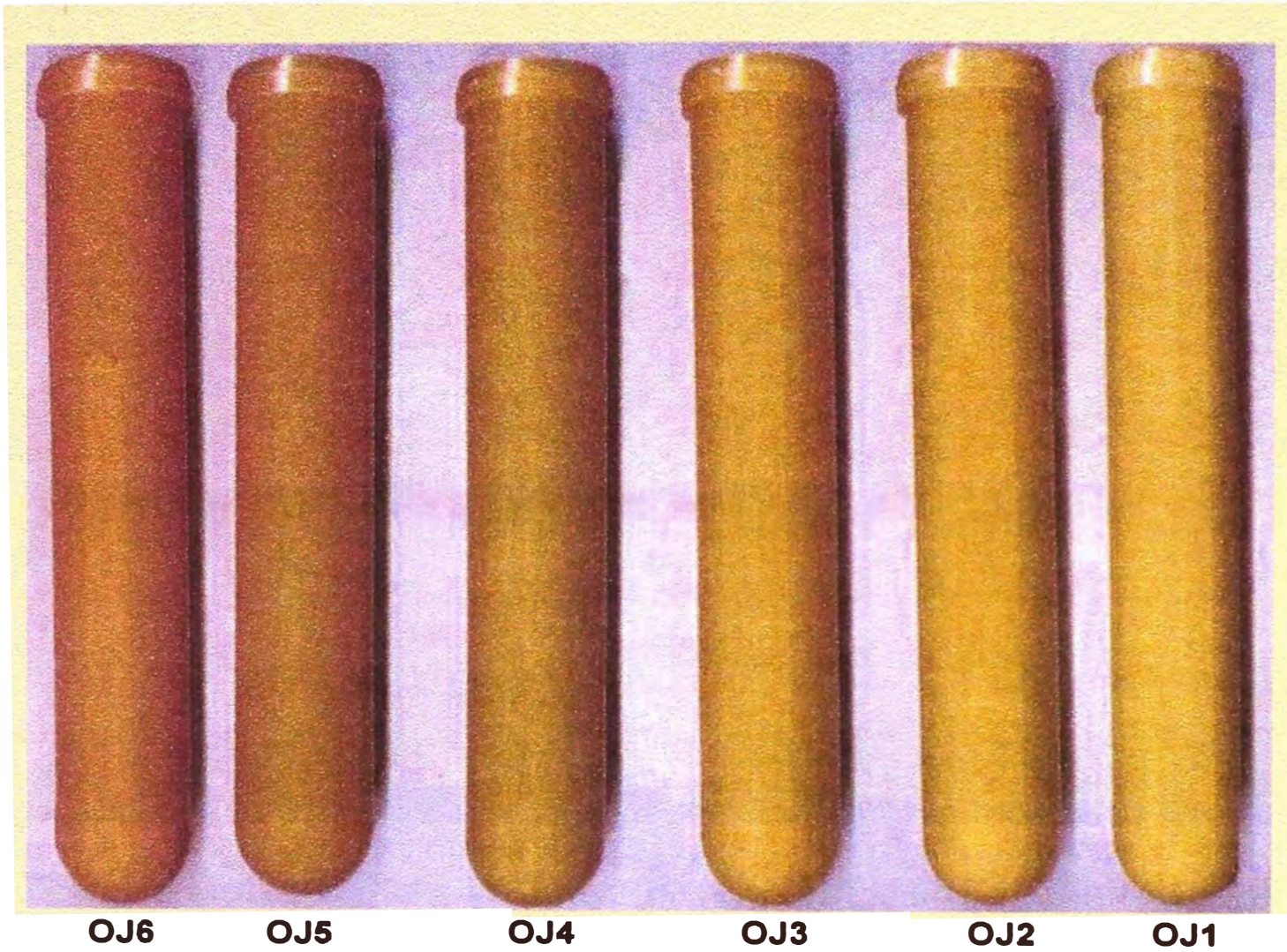


FIGURA 5. PATRONES DE COLOR DEL ZUMO DE NARANJA UTILIZADO POR EL USDA

CUADRO 12: Puntuación de color del USDA de naranja por comparación con los patrones de color del USDA.

	Zumo concentrado congelado	Zumo pasteurizado	Zumo enlatado
C≥OJ1	40	40	40
OJ2<C<OJ1	40	40	40
C=OJ2	40	40	40
OJ3<C<OJ2	39	39	39
C=OJ3	39	39	39
OJ4 <C<OJ3	38	38	38
C= o ligeramente >OJ4	37	37	38
OJ5<C<OJ4	36	36	37
C=OJ5	36*	36	37
OJ6<C<OJ5	35**	36*	36*
C=OJ6	34	34-35	36
C>OJ6	33 o menos		35** o menos

C: color de la muestra de zumo

*limites correspondientes a la categoría A (GRADO A)

**limites correspondientes a la categoría B (GRADO B)

CUADRO 13: Categoría de los zumos de cítricos establecidos por el USDA en función de la puntuación de color.

Tipo de zumo de naranja (ZN)	Grado A	Grado B
ZN concentrado congelado	36-40	32-35
ZN pasteurizado	36-40	32-35
ZN enlatado	36-40	32-35
ZN en polvo	34-40	33 o menos

Fuente: Kimball D. (1999)

Minolta Chroma Meter II/Reflectance/ CR100

Macbeth Color- Eye Model 1500

Hunter Lab Scan Model LS-5100.

Se pueden realizar otros análisis, pero no son tan importantes para el control de calidad, pero si para la presentación nutricional, como , el contenido de calorías, de proteínas , de calcio, potasio, etc. Los análisis microbiológicos también son importantes, sobre todo de las bacterias y los mohos.

El control de calidad, en la industria de procesado de zumo de naranja también se realiza en la materia prima, la recepción y durante el proceso de elaboración del zumo, almacenamiento, distribución, para cumplir con ello es necesario aplicar un programa de calidad como el de buenas prácticas de manufactura y de análisis de peligros y puntos de control críticos HACCP.

5.-FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL ZUMO

Los factores que afectan la calidad del zumo son muchos entre ellas tenemos:

5.1.-DEBIDO AL PROCESO DE EXTRACCION

Durante la extracción entra en contacto con el zumo componentes que se encuentran en la corteza como flavonoides y aceites , los cuales pueden afectar su calidad. En el cuadro 14 se presentan los efecto de estos componentes en el zumo y su posible solución.

5.2.-DEBIDO AL TRATAMIENTO TERMICO

El tratamiento térmico de evaporación o pasterización, pueden ocasionar alteraciones en el sabor y color debido a la aplicación de un exceso de calor.

5.2.1.-ALTERACIONES DEL SABOR

Durante un tratamiento térmico excesivo, algunos componentes como el furanol, guayacol, y el α -terpineol, producidos por la oxidación de los carbohidratos y el ácido ascórbico, pueden contribuir de forma significativa al deterioro de la calidad del zumo. Se ha comprobado que la aparición de un “sabor cocido” se debe a la descomposición de los carbohidratos en presencia de aminos. Este tipo de reacciones entre azúcares y aminoácidos son conocidas como reacciones de Maillard no enzimáticos. Estas reacciones comienzan por la condensación del grupo aldehído del azúcar con el grupo amino del aminoácido, según la siguiente reacción:



CUADRO 14 :Efecto de los flavonoides y el aceite en el zumo de naranja

Componente	Efecto que produce	Posible solución
<p>• Hesperidina (Flavonoide)</p> <p>Se encuentra en la corteza y membrana de la fruta.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Al extraer el zumo de naranja la hesperidina entra en contacto con el zumo ácido y esto ocasiona su cristalización en forma de cristales formando copos blancos , los cuales se depositan en los equipos ocasionando daños . • Los cristales formados también pueden obturar los orificio de los tamices o afinadores. • Durante la evaporación se acelera la cristalización de la hesperidina, favoreciendo la presencia de copos blancos en el zumo concentrado. 	<p>No se puede impedir la formación de copos blancos de hesperidina, pero se puede reducir su efecto mediante:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Limpieza periódica de los tamices y otros equipos , con solución de soda cáustica caliente. • Es preferible usar naranjas valencia no muy maduras , porque la formación es mayor.
<p>• d-limoneno (Terpeno)</p> <p>Se encuentra en el aceite de la cáscara.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Durante el proceso de extracción los aceites de la cáscara entra en contacto con el zumo, se descompone y desarrolla aromas extraños que se deben probablemente a la hidrólisis en el medio ácido del zumo y a la polimerización de sus terpenos 	<ul style="list-style-type: none"> • Usar un extractor FMC Premiun. • Si se utiliza un extractor Brown ,usar un extractor de aceite antes del proceso de extraccion del zumo. • Recurrir a técnicas como el desaceitado o evaporación del zumo (este problema es menor en los zumos concentrados)

Se han aislado al menos 20 productos de la oxidación de los zumos cítricos, y existen muchos más. Sin embargo solo seis demostrado contribuir de forma significativa al deterioro de la calidad de zumos cítricos sometidos a tratamiento térmico excesivo. En el zumo de naranja, se encuentran:

- **2,5 dimetil-4-hidroxi-3(2H)-furanona. (furanol).** Se produce a partir de hexosa y aminoácidos. Su umbral de detección sensorial en zumo de naranja es 0.05ppm e imparte un sabor a piña cuando esta presente en una concentración excesiva.
- **2-metil-4-etenilfenol (éter etilénico de guayacol).** No se debe a la oxidación del ácido ascórbico, se forma partir del ácido ferulico, presente en pequeñas concentraciones en la mayoría de las plantas. En el zumo de naranja normal presenta una concentración de 0,18ppm y aumenta a 0,30ppm tras la pasteurización. Su umbral de detección sensorial es de 0.05ppm, siendo el contenido típico en zumo de naranja enlatado de 1ppm (superior al umbral de detección sensorial). Cantidades excesivas dan al zumo un sabor y olor a fruta podrida.
- **α -terpineol,** Es un derivado del *d*-limoneno. Su umbral de detección sensorial es 2ppm y la concentración típica en zumo de naranja enlatado es 4ppm. Cantidad excesiva imparte un aroma rancio.

5.2.2- ALTERACIONES DEL COLOR

El requemado de los concentrados debido a un tratamiento con una temperatura excesiva o durante un tiempo demasiado largo da lugar a reacciones de pardeamiento de Maillard que reduce la vivacidad del color natural de los cítricos, con el consiguiente deterioro de la calidad del color del producto y una menor puntuación en el índice indicador de la calidad del color. Estas reacciones también ocasionan defectos de aroma que degradan la calidad del zumo, incluso

antes de que produzca el efecto visual. Además, pueden encontrarse, copos blancos de hesperidina o copos marrones o negros debido a quemaduras producidas en el evaporador que son muy visibles y estropean su apariencia.

Los copos negros se forma por una excesiva concentración del zumo, ocasiona la formación de precipitados de azúcares o “caramelización”, lo que obligara a parar el proceso de evaporación para proceder a la limpieza del evaporador, a diferencia de los copos de hesperidina, en que existe cierta tolerancia la mayoría de las especificaciones exigen la nula presencia de copos negros, debido a su alta visibilidad.

5.3.- DEBIDO A LA ACTIVIDAD MICROBIOLOGICA

Es muy importante la actividad microbológica, puede originar efecto en la calidad del zumo alterando el sabor y el olor (microorganismos no patógenos) y pueden producir enfermedades y hasta muertes en el consumidor debido a la contaminación microbiana del zumo, causado por microorganismos patógenos. los cuadros 15 y 16, se presenta algunos microorganismos patógenos y no patógenos que afectan la calidad del zumo de naranja.

5.4.- DEBIDO A LA ACTIVIDAD ENZIMATICA

Una característica deseable en el zumo de naranja es su opacidad, producido por la presencia de materia opaca comprendida por proteínas, hesperidina celulosa, pectina entre otros componentes, los cuales se liberan de la célula del jugo en el proceso de extracción, quedando suspendido en el zumo. Uno de los causantes de esta pérdida de opacidad en el zumo de naranja no concentrado y gelificación en el concentrado, es la presencia de enzimas llamadas pectinasas. Estas enzimas también conocidas como pectina esterasas o

CUADRO 15: Algunos microorganismos no patógenos que afectan la calidad del zumo de naranja

M.O (no patógenos)	Principales especies	Producto de desecho que generan	Efecto que produce en el zumo	Características
Lactobacillus	<i>L. fermentum</i> <i>L. thermophilus</i> <i>L. plantarum</i>	Diacetilo, acetato, formiato, Succinato, dioxido de carbono, etanol y otros ácidos de 1 y 2 átomos de carbono	Imparte en el zumo un sabor y olor a mantequilla no deseable y es la principal causa de rechazo de zumo no concentrado contaminado en la industria.	<ul style="list-style-type: none"> • Condiciones óptimas de crecimiento: T: 30-40°C, pH : 5.5-5.8 • Nulo crecimiento a más de 45° Brix
Alicyclobacillus	<i>Bacillus acidoterrestris</i>	Produce 2,6-di-bromofenol en concentraciones del orden de ppb	Sedimento blanco y un fuerte olor y sabor medicinal	<ul style="list-style-type: none"> • Son termoacidófilos crecen a pH de 2 a 7, no crecen bien a temperatura < de 20°C
Leuconostro	<i>L. oenos</i> <i>L. mesenteroides</i> <i>L. dextranum</i> <i>L. paramesenteroides</i>	Ácido láctico, etanol, dioxido de carbono y diacetilo	Generan sabor y olor a mantequilla	<ul style="list-style-type: none"> • Condiciones óptimas de crecimiento : T : 20-30°C pH: 5.5-6.6.

CUADRO 16: Algunos microorganismos patógenos que afectan la calidad de la naranja

M.O (patógeno)	Especies	Efecto que causan	Condiciones en la que crecen	Como tratarlo
Salmonella	<i>S. typhi</i> <i>S.hartford</i> <i>S.gaminara</i> <i>S.rubislaw</i>	<ul style="list-style-type: none"> • La intoxicación produce síntomas como nauseas, vómitos, escalofríos ,dolor abdominal, dolor de cabeza y diarreas. Los síntomas persisten por 2 a 3 días. 	<ul style="list-style-type: none"> • En condiciones ácidas pH:4 • Temperatura ideal 40°C pero puede crecer en condiciones de almacenamiento frigorífico, y ha temperatura de hasta 60°C 	<ul style="list-style-type: none"> • Mucha higiene durante los procesos unitarios • Eliminación de insectos y roedores • Tratamiento térmico adecuado, no resiste la pasteurización • Es sensible a la radiación.
Escherichiacoli		Diarrea y deshidratación	<ul style="list-style-type: none"> • 10-40°C • pH optimo 7 puede crecer a pH de 4-8 	Con tratamiento térmico muy suave.

pectinametilesterasas, que se encuentran presentes en el zumo en forma natural, son la principal causa de la gelificación y pérdida de opacidad en zumos comerciales. Para impedir que esta enzima elimine los grupos metoxi (los grupos metoxi impiden la polimerización de la pectina), se aplica un tratamiento térmico que desactiva o destruye la enzima. Es necesario un tratamiento a 88°C o más durante 10 a 15 segundos para desactivar la mayoría de las pectinas. Un tipo de gelificación más frecuente es la que se produce cuando existe suficiente grupos de ácido galacturónico para formar pectatos que quedan unidos por medio de cationes divalentes como el calcio. En la figura 6 se aprecia un segmento de la molécula de pectina con el grupo metoxi esterificado.

5.5.-DEBIDO A LA TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO.

La temperatura de almacenamiento es muy importante, el empleo de frío ha permitido espectaculares progresos para poder disponer en todo momento de productos de alta calidad. Es el método más adecuado para conservar la calidad de cualquier zumo, sobre todo si la temperatura de almacenamiento es lo suficientemente baja.

Estudios de la vida útil de concentrado de naranja a 66°Brix han demostrado que la reducción de la temperatura de almacenamiento en 4,4°C a -1,1°C puede aumentar la vida útil del zumo de cinco a nueve meses (15).

Se realizaron pruebas de jugos de naranja envasados en tetra-brik, a lo largo de cinco meses de almacenamiento a temperaturas de 2, 20 y 40°C, se concluyó que el zumo se mantiene estable a 2°C, y que mayores temperaturas de almacenamiento dan lugar a una menor retención de vitamina C, hidrólisis de la sacarosa y considerable incremento de la hidroximetilfurfural.

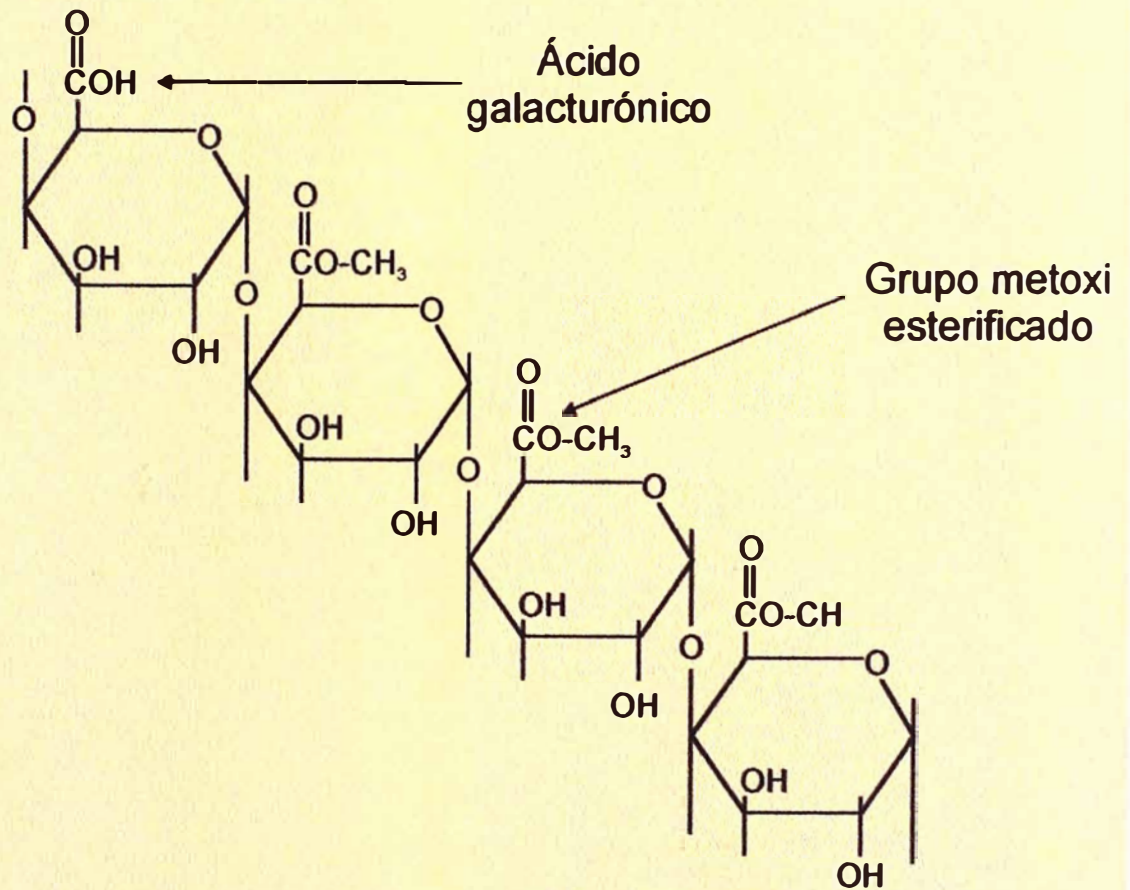


Figura 6: Segmento de una molécula de pectina en el que se indica el ácido galacturónico y grupos metoxi esterificados característicos.

6.- TECNOLOGIAS QUE MEJORAN LA CALIDAD DEL JUGO DE NARANJA

Los jugos de frutas son bebidas de alto valor nutricional ya que ellos están enriquecidos con minerales, vitaminas y otros componentes benéficos para la salud humana que son comúnmente señalados como antioxidantes. Desafortunadamente durante la transformación agroindustrial, una gran parte de las características que determinan la calidad del producto fresco sufre una modificación considerable: el daño térmico y la oxidación química que degradan los componentes más sensibles reduciendo la calidad del producto final.

Los jugos de fruta presentes en el mercado están generalmente compuestos de dos tipos de productos: jugos frescos, obtenidos por prensado simple y luego llevados a una pasteurización suave; y los jugos reconstituidos de concentrados. Es conocido que el tratamiento térmico por pasteurización y/o concentración térmica produce modificaciones de algunos componentes con la consecuente degeneración de las características químicas y de sabor. En los zumos concentrados, la mayor parte de los compuestos del aroma contenidos en el jugo crudo se pierden y el perfil del aroma sufre un cambio irreversible con una declinación posterior importante de la calidad.

A continuación se presentan algunos métodos no térmicos, para la concentración y preservación del zumo de naranja, que están siendo actualmente objeto de investigaciones, para evaluar su potencial como una alternativa o como un proceso complementario a los métodos tradicionales.

6.1.-TRATAMIENTOS NO TERMICOS PARA LA CONCENTRACION DEL ZUMO DE NARANJA

Una de las tecnologías para la concentración del zumo es el de tratamiento con membranas. En la figura 7 se explica los modelos generales de flujo de los distintos sistemas de separación por membrana.

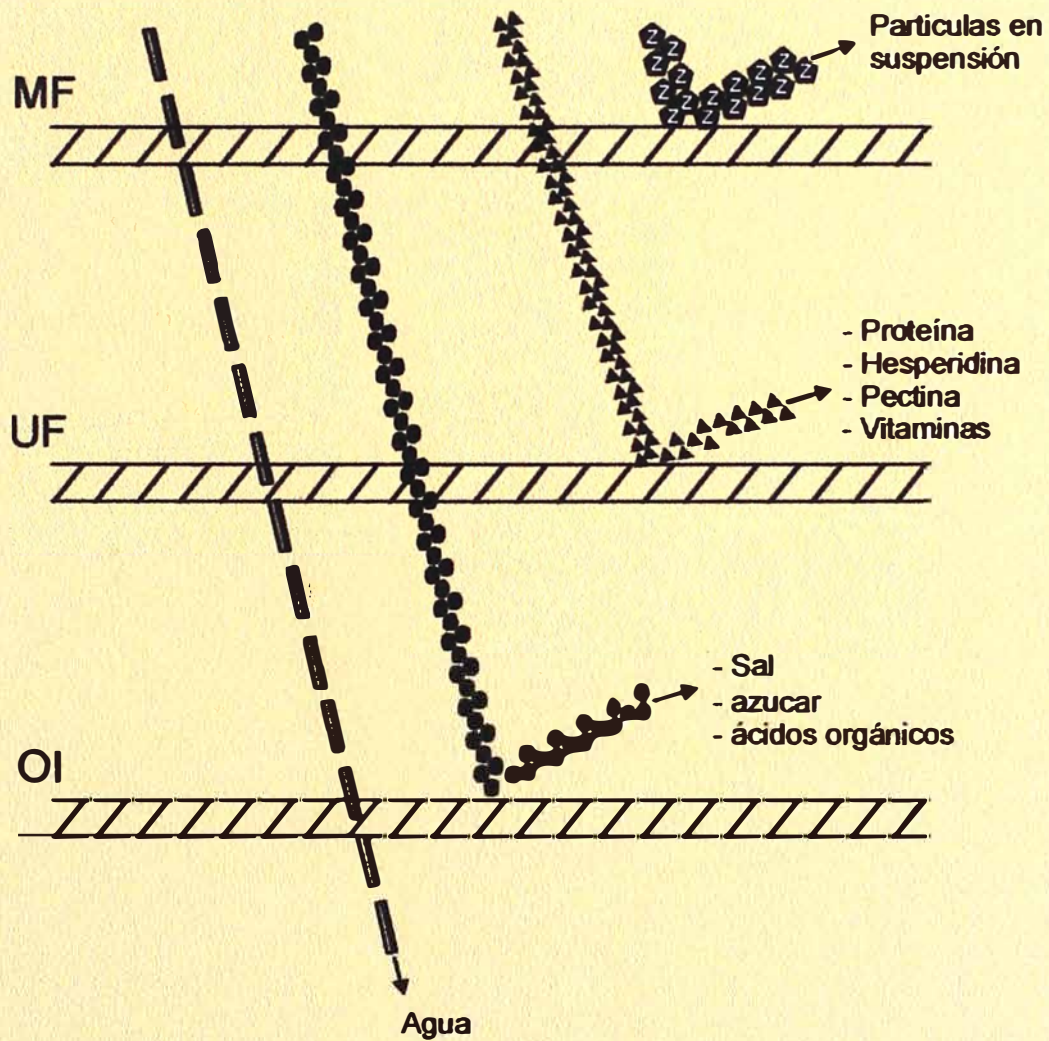


Figura 7: Principios de la separación con membrana

Donde:
MF: Microfiltración
UF: Ultrafiltración
OI: Osmosis Inversa

- La Osmosis inversa (OI): produce la concentración de la solución por eliminación de agua y requiere presiones altas entre 4 a 8 Mpa.
- La Ultrafiltración (UF): produce la concentración de grandes moléculas y macromoléculas como proteínas y almidones, requiere presiones entre 35 a 1000Kpa.
- La Microfiltración (MF): produce la eliminación de bacterias y separación de macromoléculas, requiere presiones entre 70 a 350 Kpa.

Algunos términos que se usan en los procesos de separación por membranas:

- Alimentación: solución a concentrar o fraccionar.
- Flujo: velocidad de extracción de permeato medido en litros por metro cuadrado de superficie de membrana y por unidad de tiempo ($l / m^2 \times h$)
- Ensuciamiento de la membrana: deposición de sólidos sobre la membrana irreversible durante el procesado.
- Permeato: el filtrado, el líquido que pasa a través de la membrana .
- Retentado o concentrado: el concentrado el líquido retenido.
- Factor de concentración: la reducción del volumen conseguida por concentración, es decir, la relación volumen inicial de alimentación / volumen final de concentrado.

6.1.1.- OSMOSIS INVERSA

OSMOSIS: Cuando una disolución y un disolvente puro están separados por una membrana semipermeable, las moléculas del disolvente atraviesan espontáneamente la membrana pasando de una zona de baja concentración a una de alta concentración debido a la presión osmótica.

OSMOSIS INVERSA (OI) : Al aplicar una presión superior a la de la presión osmótica en la zona de mayor concentración se obliga a pasar al disolvente por la membrana semipermeable en sentido inverso al de la osmosis. En la figura 8 se presenta el principio de la osmosis inversa.

Ventajas:

- Mínima pérdida de los compuestos volátiles , responsables del olor y sabor.
- Menor consumo de energía, solo representa una fracción de otros métodos.
- Ocupa meno espacio.
- El costo de inversión es una fracción de otros métodos y presenta costos de operación bajos.
- Facilidad de limpieza y mantenimiento al final de la operación.
- Menor utilización de mano de obra.

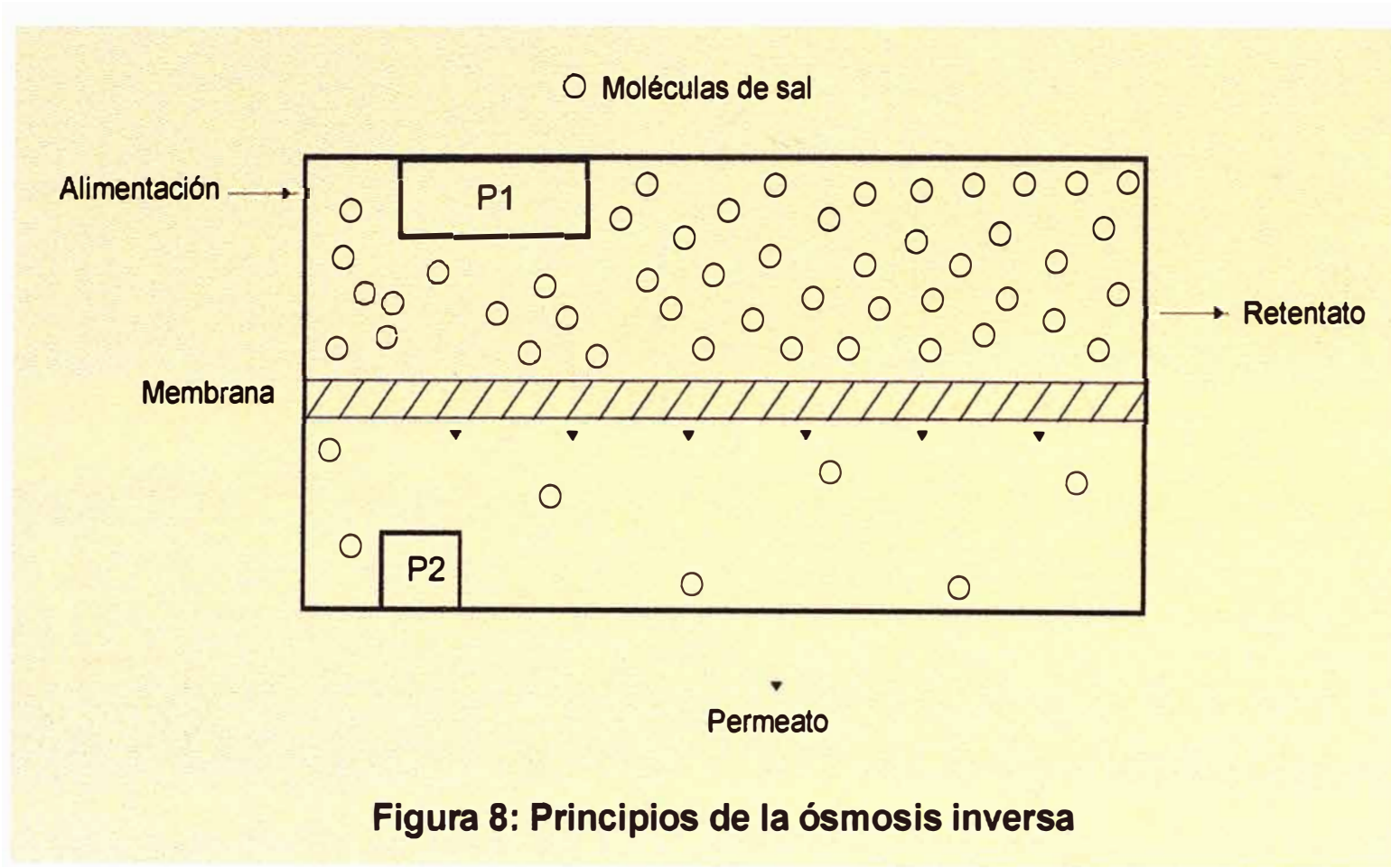
Desventaja:

Las ventajas mencionadas, están limitadas por el bajo rango de concentración , del orden de 24 %. Un evaporador de múltiple efecto concentra el zumo de fruta hasta alrededor del 60%

En el cuadro 17 se presentan valores de presión osmótica de algunos zumos.

6.1.2.-ULTRAFILTRACION

La Ultrafiltración es un método de separación por membrana la cual es permeable a solutos y solventes de bajo peso molecular. Las membranas de UF retienen compuestos grandes tales como microorganismos, lípidos, proteínas y coloides, mientras los solutos pequeños tales como por ejemplo vitaminas, sales, azúcares, fluyen a través de la membrana junto con el agua. Por lo tanto la posibilidad de contaminación microbiana en la corriente del permeato es mínima



CUADRO 17: Presión Osmótica de algunos zumos

Producto	Contenido de sólidos (%)	Presión osmótica (KPa)
Zumo de naranja	11	1 700
Zumo de manzana	14	2 200
Zumo de uva	16	2 200
Extracto de café	28	3 500

Fuente: Ashurt P.(1999)

evitando cualquier tratamiento térmico posterior, y consecuentemente no hay pérdidas de compuestos volátiles que le dan el aroma al zumo.

Esta característica de selectividad esta dado por la composición de la membrana polimérica, el tamaño de sus poros y la composición química del soluto. Se diferencia de la osmosis inversa por ser mas selectiva , separando desde macromoléculas, luego las moléculas intermedias, hasta las sales disueltas.

VENTAJAS DE LA ULTRAFILTRACION

La ultrafiltración para la producción de jugo concentrado o clarificado es una tecnología que esta siendo cada vez más ampliamente usada en la industria de jugos. Entre las ventajas potenciales de la UF se incluyen las siguientes: se evita las elevadas temperaturas en la producción de un suero clarificado, evitando así la posibilidad de cambios de sabores inducidos por calor ; la remoción de la mayor parte de proteínas, por lo tanto eliminando la posibilidad de cualquier actividad enzimática posterior; y la prevención de cualquier posible interacción de las proteínas y los componentes turbios lo que conduce a la clarificación

PROBLEMAS ASOCIADOS A LA ULTRAFILTRACION

El principal problema asociado con la UF es la reducción del flujo debido a la polarización de la concentración y la obstrucción de la membrana. Los efectos de polarización de la concentración podrían ser reversibles en tanto se cambien las condiciones de operación tales como presión, temperatura, y la velocidad de flujo podría reducirlos. Además, a bajas concentraciones de alimentación podrían ser superados por una acción de auto limpieza de la corriente de alimentación de flujo cruzado. La obstrucción también esta relacionada con la reducción del flujo. La capa de gel que se forma en la membrana esta formada principalmente de proteínas, lípidos y otros sólidos suspendidos. Para removerlos, el sistema debe de pasar por una limpieza física .

Antes del procesamiento industrial del jugo de naranja con membranas, la pectina en el jugo es degradada por enzimas para reducir la viscosidad del jugo incrementando los flujos de permeación. Ya que el flujo de permeación de la membrana depende de la temperatura, y de la viscosidad; es común en el procesamiento industrial con membranas operar a temperaturas de alrededor de 50-55 ° C. Ya que las enzimas exógenos se agregan antes del tratamiento con membranas, la actividad residual enzimática debe ser detenida, lo cual se alcanza con tratamiento por calor adicional. Sin embargo, el tratamiento por calor de jugo natural y la degradación de la pectina conducen a procesos indeseables que terminan en floculación de la turbidez.

6.1.3.-DESTILACION OSMOTICA

Es un nuevo proceso de membrana , también llamado “destilación por membrana isotérmica” , que puede ser usada para remover selectivamente agua de soluciones acuosas bajo presión atmosférica y a temperatura ambiente, evitando la degradación térmica. Involucra el uso de una membrana hidrofóbica microporosa para separar dos soluciones acuosas circulantes a diferentes concentraciones de soluto: una solución diluida y una solución salina hipertónica. Si la presión de operación del sistema se mantiene por debajo de la presión de penetración capilar del líquido dentro de los poros, la membrana no puede ser embebida por la solución. La diferencia en las concentraciones del soluto y consecuentemente en su actividad de agua de ambas soluciones, genera en la interfase vapor-líquido de ambas soluciones una diferencia de presión de vapor que produce una transferencia de vapor de la solución diluida hacia la solución de salida. El transporte de agua a través de la membrana se puede resumir en tres etapas: (1) Evaporación del agua en la interfase vapor-líquido diluida; (2) Transporte de vapor difusional o convectiva a través de los poros de la membrana, (3) condensación del vapor de agua en la interfase membrana / salmuera.

Durante el proceso DO la solución de salida es diluida debido a la transferencia de agua de la corriente de alimentación. Puede ser reconcentrada por evaporación y en este sentido puede ser reciclada y rehusada en el proceso.

6.1.4.-APLICACIÓN DE LA TECNOLOGIA CON MEMBRANA

El siguiente trabajo de investigación fue realizado, por Cassano A. , Drioli E., Galaverna G., Marchelli R., Di Silvestro, Cagnasso P. (8) .

El objetivo del presente trabajo fue identificar un proceso de membrana integrado para la producción de jugos concentrados de naranjas, siendo clarificados por UF y luego enviados a una etapa de concentración por una secuencia OI-DO hasta concentrar los sólidos solubles entre 60 y 63 g SST/100g

CLARIFICACION Y CONCENTRACION DE JUGO DE NARANJA POR PROCESOS DE MEMBRANA INTEGRADA.

El uso de un proceso de membrana integrada para la concentración de jugos de naranja es propuesta como una alternativa a las técnicas tradicionales en la industria de alimentos.

Materiales y Métodos

- **Jugos de naranja**

Se utilizo jugo de naranja , mayormente de la variedad Tarocco, provino de Sicilia (Producción 1999) la concentración del jugo crudo fue de alrededor de 12-12.6 g SST/100g con un pH de 3.5.

- **Unidad de ultrafiltración y procedimientos**

El proceso de ultrafiltración se realiza en una planta piloto para clarificar el jugo fresco. Una fase clarificada producida se utiliza en los tratamientos consecutivos de membrana.

Los jugos frescos que ingresan a la unidad de UF, fueron enviados sin un tratamiento preliminar. La UF se llevo a cabo en una planta piloto de laboratorio . La planta, con un tanque de alimentación de 25L , estuvo equipado por un modulo de membrana tubular Koch (Serie Tipo Cor HFM-251, PVDF con una permeabilidad de peso molecular de hasta 15 kDa, área de la superficie de la membrana., 0.23 m², con diámetro de poros de 59A, rango de presión de operación 0.8-5.5 bar, rango de temperatura de operación 0-55°C , rango de operación de pH 2-11. Un esquema del sistema de UF se presenta en la figura 9.

Los experimentos fueron llevados acabo de acuerdo al modo de reciclado total (reciclando tanto la corriente del permeato y retentado en el tanque de alimentación) y al modo de concentración en tanga (recolectando separadamente la corriente de permeato).

El módulo de membrana fue enjuagado con agua corriente por 30 minutos después del tratamiento del jugo; luego fue remitido a diferentes procedimientos de limpieza usando una solución de Ultrasil 10 a 0.01% (p/p), solución de NaOH a 0.01% y un detergente enzimático ADI a 0.76 % (p/p). Esas soluciones fueron circuladas por 60 minutos a una temperatura de 40°C y a una velocidad axial de 0.13 m/s. Un enjuague final del sistema con agua corriente por al menos 20 minutos fue llevado a cabo.

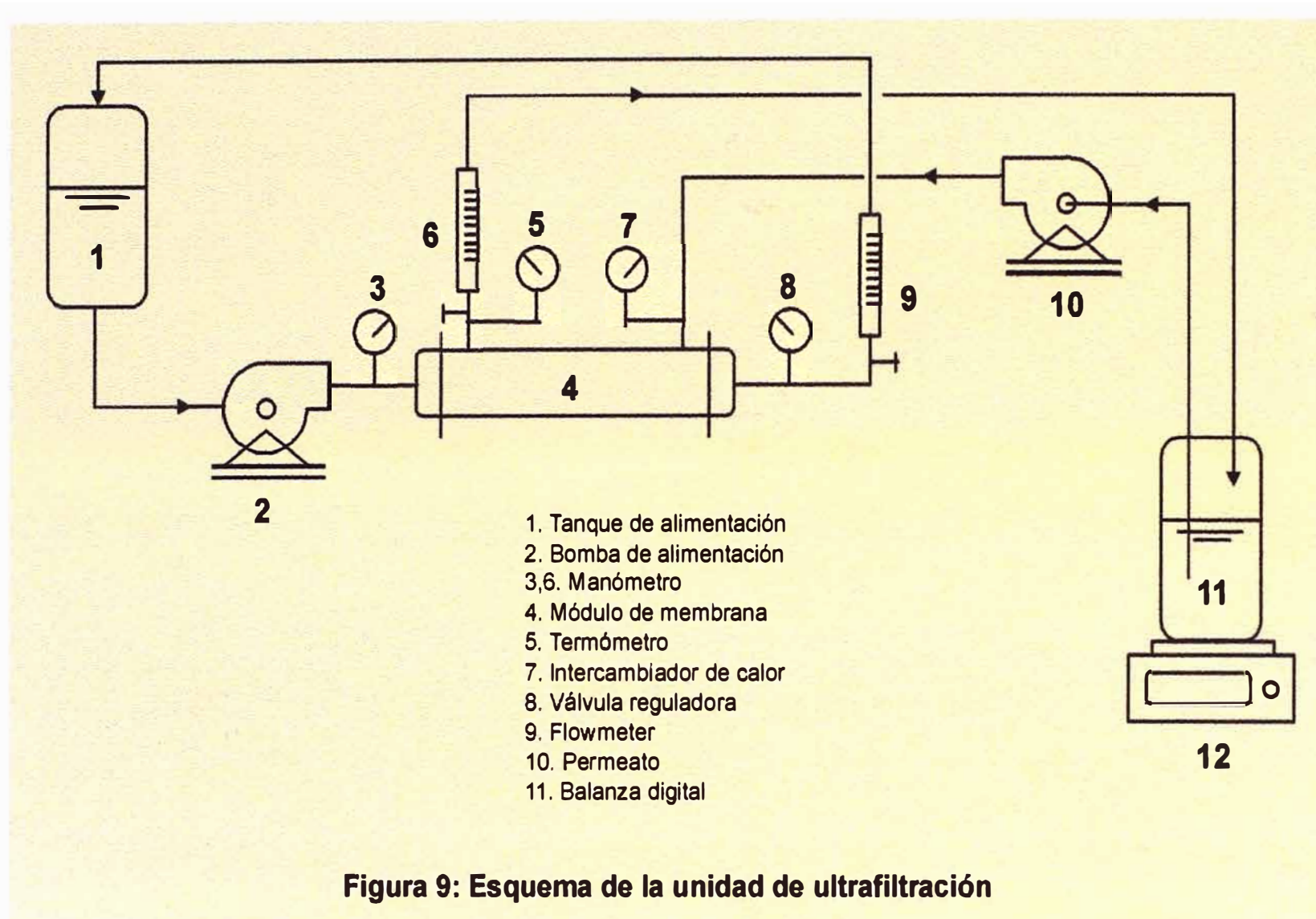


Figura 9: Esquema de la unidad de ultrafiltración

Después de cada tratamiento de limpieza la permeabilidad al agua de la membrana fue medida , en condiciones fijas (temperatura de 25°C, velocidad de alimentación axial de 0.09 m/s).

- **Unidad de OI y procedimientos**

El proceso de osmosis inversa permite separar principalmente agua del jugo pero esta limitado a altas presiones osmóticas , por esta razón se usa como una técnica de preconcentración que permite valores de concentración de cerca de 30 gSST/100g a presiones osmóticas de 5000KPa. Los compuestos aromáticos y otros constituyentes químicos importantes tales como antocianinas, vitaminas, azúcares, ácidos, calcio, potasio, magnesio y fósforo son descartados en el proceso, formando parte del retentado.

El proceso de osmosis inversa se realizo en una unidad de laboratorio, se uso para concentrar el permeato venido de la ultrafiltración con una concentración de 15 a 20gSST/100g.

El permeato que proviene del tratamiento por UF fue enviado a una concentración preliminar por OI usando una unidad de laboratorio suministrada por Matriz Desalination Inc. (Florida, EE.UU.). El equipo consistía de un tanque de alimentación de 12L, un circuito de enfriamiento trabajando con agua corriente, una bomba de alimentación a alta presión, una cámara de acero inoxidable, un flujómetro de permeato y un sistema de control de la presión. El equipo de osmosis inversa, fue equipada con módulo de membrana de espiral-serpenteada de Hydranautics (tipo SWC2-2521, de poliamida compuesta, rechazo de sales mínimo 99%, área nominal de la membrana 1.12 m², rango de operación de la presión 1-69 bar, rango de temperatura de operación 0-45°C, rango de operación de pH 3-10).

Todos los experimentos fueron llevados a cabo de acuerdo con el modo de concentración en tanda.

El módulo de membrana fue enjuagado con agua corriente por 30 minutos después del tratamiento del jugo; luego fue enviado a un procedimiento de limpieza usando una solución de NaOH a 0.01%(p/p). La solución fue circulada por 60 minutos a una temperatura de 40°C y a una presión transmembrana de 0,5Mpa. Un enjuague final del sistema con agua corriente por lo menos 20 minutos fue llevado a cabo.

Después del tratamiento de limpieza la permeabilidad al agua de la membrana en condiciones fijas (temperatura 25°C) fue medida.

• Unidad de Destilación Osmótica

El retentado proveniente de la osmosis inversa ingreso a la unidad de DO con una concentración de 30 a 35g SST/100g. El paso final se llevo a cabo en esta una unidad produciéndose un retentado con una concentración de 60 a 63gSST/100g con un flujo de $1\text{Kg}/\text{m}^2 \times \text{h}$

Las experiencias con DO se realizaron en una unidad en laboratorio equipada con un contactor de membrana Hechst-Celanese Liqui-Cel (Liqui-Cel Extra Flow 2.5×8^{11} , área de superficie efectiva 1.4 m^2 , área / volumen efectiva $29.3 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$, material de la fibra de la membrana polietileno, máxima presión diferencial transmembrana 4.08 bar, rango de temperatura de operación 1-40 °C) conteniendo fibras continuas de polipropileno microporoso. Esas fibras son de aproximadamente 0.3nm de diámetro externo y una porosidad de cerca del 40%.

El jugo fue recirculado en la parte de la armazón de la membrana; como solución de extracción se uso cloruro de calcio dihidratado 4.1-4.5 M (60-66%

p/p), recirculado en la lado del modulo del tubo. Se escogió esta solución debido a que no es tóxica, y es fácilmente disponible a bajo costo .

La circulación de tanto la salmuera y el jugo fue en contracorriente. Las presiones de entrada y salida para las corrientes del lado del tubo y del armazón fueron registradas por medidores de presión de acero inoxidable para controlar diferenciales entre los dos lados de la membrana.

Después de cada prueba, la planta piloto fue limpiada por un primer enjuague del lado del tubo y del lado de la armazón con agua desionizada. Luego una solución de KOH al 2%(p/p) fue circulada por 1 hora a 40°C. Después de un corto enjuague con agua desionizada una solución de ácido cítrico al 2% (p/p) fue circulada por 1 hora a 40°C. Finalmente el circuito fue enjuagado con agua desionizada.

En la figura 10 se da un esquema del proceso de membrana integrada para la clarificación y concentración de jugos de naranja.

• **Resultados y discusión**

El desempeño del sistema de membranas se evaluó en base a la productividad, la calidad del producto (evaluación de la actividad antioxidante) y características del ensuciamiento de las membranas.

Pruebas realizadas en zumos de naranja procedentes del concentrado por evaporación demostraron que la actividad del antioxidante total (TAA) es menor que la del jugo fresco. Durante el proceso de UF, el TAA se mantuvo para el permeato y para el retentado. Una leve disminución de TAA se observó en el tratamiento de osmosis inversa, probablemente a la alta presión durante el proceso. El tratamiento siguiente por destilación osmótica no produjo ningún cambio significativo del TAA, independiente de la concentración final obtenida.

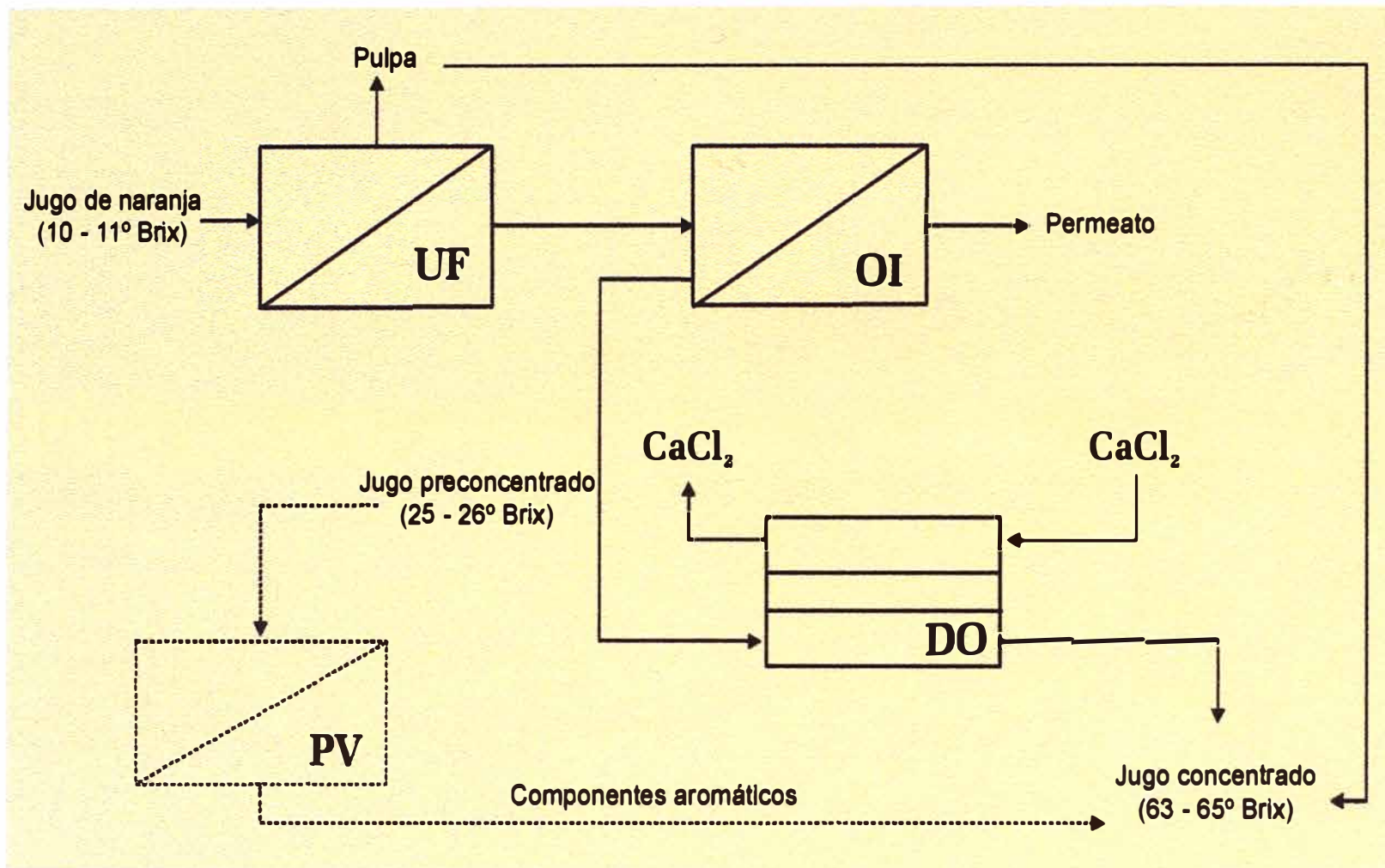


Figura 10: Proceso de membrana integrada para la clarificación y concentración de zumo de naranja

En el cuadro 18 se muestran las variaciones de la actividad total del antioxidante, en los diferentes procesos de membrana.

El jugo obtenido por la tecnología de membranas retuvo su color y gran parte de su aroma, el cual se pierde con el tratamiento térmico.

Se ha estimado que la presión osmótica del jugo se incrementa rápidamente con el incremento de la concentración de azúcares (10 y 20 MPa para concentraciones de 42 y 60 g SST/100 g respectivamente) La concentración determina también un incremento de viscosidad. Ambos factores tienen una influencia sobre el proceso y por lo tanto la concentración por OI no puede ser mayor del 20% sino el proceso no es conveniente desde el punto de vista económico. Por esas limitaciones la OI no puede ser considerada una técnica ventajosa como una etapa de preconcentración

Según los resultados obtenidos es posible seguir un proceso integrado de membrana para la concentración de jugo fresco, las ventajas están dadas en términos de:

- Reducción del tiempo de clarificación
- Simplificación del proceso, aumentando los volúmenes de jugo clarificado
- La posibilidad de operar a la temperatura ambiente y preservar la frescura, aroma y valor nutricional, mejorando la calidad final del producto, mediante la remoción de sustancias extrañas y mejoramiento del proceso productivo.

6.1.5.-CRIOCONCENTRACION

Técnicas alternativas a la evaporación como la crioconcentración, en la cual el agua es removida como hielo y no como vapor, no son capaces de sustituir la concentración por evaporación de los productos con gran difusión, como por ejemplo, los frutos cítricos, ya que ellos requieren un consumo considerable de

CUADRO 18: Variaciones de la actividad del antioxidante total (TAA) en los diferentes procesos de membrana

TIPO DE MUESTREO	TAA
Jugo fresco (12,6 gTSS/100g)	8,65
UF permeato (12,4 gTSS/100g)	8,21
UF retentado (13,0 gTSS/100g)	8,29
OI (21,4 gTSS/100g)	7,47
DO1 (30,5 gTSS/100g)	7,34
DO2 (38,0 gTSS/100g)	7,51
DO3 (46,8 gTSS/100g)	7,36
DO4 (55,0 gTSS/100g)	7,52
DO5 (60,6 gTSS/100g)	7,33

energía. Además la concentración alcanzable (cerca de 40g SST/100 g) es menor que los valores obtenidos por evaporación (60-65 g SST/100g).

6.2.-TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS PARA LA INACTIVACION DE MICROORGANISMOS Y ENZIMAS

6.2.1.-CAMPOS ELECTRICOS PULSANTES

Los campos eléctricos pulsantes pueden inactivar los microorganismos y enzimas, esta inactivación se produce cuando se sobrepasa un cierto umbral de intensidad del campo eléctrico. Se basa en la teoría de la ruptura dieléctrica, los campos eléctricos externos inducen una diferencia de potencial entre las membranas de las células conocida como, potencial transmembrana. Cuando este potencial alcanza un valor crítico o un valor umbral, tiene lugar una formación de poros en la membrana de las células, produciéndose como consecuencia de esto un incremento de la permeabilidad de las membranas celulares. Este incremento de permeabilidad es reversible si la fuerza del campo eléctrico externo es igual o excede ligeramente al valor crítico. El potencial transmembrana umbral depende del microorganismo específico y de la enzima, así como del medio.

La inactivación de microorganismos por campos eléctricos depende también de otros factores, entre los que se incluyen la temperatura, pH, fuerza iónica del alimento, duración del campo eléctrico y fase de crecimiento en que se encuentra los microorganismos.

a.-Descripción del proceso

Consta de una serie de componentes, que incluyen una fuente de potencia, un banco de captación, un interruptor, la cámara de tratamiento, sondas de corriente y de temperatura y un equipo de envasado aséptico. La fuente de potencia se utiliza para cargar el banco de captación y el interruptor para

descargar la energía de este banco de captación al alimento colocado en la cámara de tratamiento. El alimento se debe envasar asépticamente, ya sea en envases de consumo individuales o envasado en contenedores a granel. Los alimentos tratados se deben conservar a temperatura de refrigeración para prolongar su vida útil. Como el sistema puede generar calor, se incluye en el sistema medios que producen enfriamiento en la cámara de tratamiento.

b.-Comparación del campo eléctrico pulsante (CEP) con la pasteurización

Los investigadores Yeom H., Streaker B, Howard Q. y Min D. (24); realizaron comparaciones de los efectos de los campos electricos pulsantes sobre la calidad del zumo de naranja a 35kV/cm para 59 μ s con los de la pasteurización por calor a 94.6° C por 30 seg. El tratamiento (CEP) produjo los siguientes efectos:

- Previno el crecimiento de microorganismos a 4, 22, y 37°C por 112 días e inactivó 88% de la actividad de la pectinesterasa
- El zumo de naranja tratado con CEP retuvo mayores cantidades de vitamina C y de los cinco compuestos representativos del sabor que el zumo de naranja pasteurizado y almacenado a 4° C
- El zumo de naranja tratado con CEP tuvo menor índice de oscurecimiento , mayores valores de blancura (L) y mayor ángulo de color (θ) que en el zumo pasteurizado durante el almacenamiento a 4° C
- El zumo de naranja tratado con CEP tuvo menor tamaño de partícula que el zumo de naranja pasteurizado ($p < 0.05$).
- Los valores de ° Brix y pH no se vieron significativamente afectados por los métodos del procesamiento.

La pasteurización por CEP no tiene aplicación comercial en zumo de cítricos todavía, debido a que las ventajas y mecanismos del proceso no han sido completamente definidos. En *Ohio State University* , se ha investigado la

pasteurización de zumos con pulsos eléctricos, el zumo sometido a un tratamiento térmico suave y campo eléctrico pulsante se pudo conservar a 22 ° C durante seis meses sin apenas reducción de su calidad, aunque no se aplicó a un sistema industrial.

6.2.2.-TECNOLOGIA DE ALTAS PRESIONES

La aplicación de altas presiones hidrostáticas al procesado de alimentos , consiste en someter el producto a presiones comprendidas entre 100 y 1000 MPa. A estas presiones se inactivan bacterias y ciertas enzimas , pero no se afecta el sabor y aroma del alimento.

Los zumos de cítricos , por su pH ácido facilita la destrucción de microorganismos por altas presiones y evita la germinación de esporas después del tratamiento. Las altas presiones, al contrario que el tratamiento térmico , permite conservar el sabor del zumo fresco y su contenido en vitaminas.

En los zumos de naranja , tratados a 300 MPa , a temperatura ambiente durante diez minutos, su carga inicial de levaduras y mohos disminuye de un factor de 10^3 a 10^4 . El mismo tratamiento a 400 MPa permite reducir esta carga inicial al menos de un factor de 10^5 . La concentración del zumo reduce el efecto de presión sobre el microorganismo.

Las enzimas pectinasas , no se inactivan o se inactivan ligeramente por tratamientos de hasta 1000 Mpa a temperatura ambiente durante 10 minutos . No obstante esta actividad enzimática, después de un tratamiento a 400 Mpa durante 10 minutos a temperatura ambiente , no aumenta durante la conservación del zumo.

La vitamina C contenida en los zumos cítricos no se destruyen incluso con tratamientos a 600 MPa durante 10 minutos a temperatura ambiente . El zumo de

naranja tratado a 40°C y 400 MPa durante diez minutos permite una conservación de 2 a 3 meses a baja temperatura, mejor que cuando el tratamiento se realiza a temperatura ambiente. Estos zumos después de tres semanas de almacenamiento a baja temperatura se han considerado mejores que los tratados térmicamente.

a.-Descripción del proceso

Se acondiciona el alimento en un envase hermético, para introducirlo en la cámara de presión. Es recomendable la utilización de films de copolímero alcohol vinílico-etileno (EVOH) o de alcohol polivinílico (PVOH). Una vez introducido el alimento envasado en la cámara de presión, se llena el recinto con el medio transmisor de la presión, generalmente se usa agua mezclado con pequeñas cantidades de aceite soluble, para conseguir efectos de lubricación y anticorrosión. De esta forma, como la presión es uniforme no se producen deformaciones del envase.

La base de la aplicación de altas presiones a los alimentos es comprimir el agua alrededor del alimento. A temperatura ambiente, el volumen de agua disminuye un 4% a 100Mpa un 7% a 200Mpa y un 15% a 600Mpa. Como consecuencia de esta presión del líquido solo se produce un pequeño cambio de volumen.

Puesto que no se inactivan del todo las enzimas ni las esporas bacterianas, el producto final ha de conservarse en frío. Esta técnica de altas presiones es muy adecuada para productos muy ácidos, pero los costes de elaboración son todavía muy altos y de escaso interés en zumos listos para beber.

b.-Aplicación en el zumo de naranja

La siguiente aplicación fue realizada por los investigadores, Goodneer J., Braddock R. y Parish M. (13)

Procedimiento:

El jugo fue presurizado usando una unidad de alta presión a 600, 700, 800 o 900MPa por un tiempo de residencia de 1, 15, 30 s, considerado el tiempo de residencia como el punto donde se estabiliza la presión. Se tomaron muestras de 30mL, que consistía en una mezcla de jugo que estuvo congelada a -23°C, y pulpa congelada para aumentar la actividad de la enzima Pectinasa (PE). El jugo fue homogenizado por una licuadora durante 2 minutos, luego al jugo pulposo se le agito para envasarlo en bolsas de polietileno estériles y selladas, reteniendo un espacio de cabeza lo mas pequeño posible. El jugo envasado se lleva a la cámara de presión donde el medio transmisor de presión consistía en una mezcla de etanol y aceite de castor (85/15) (v/v). El tiempo para alcanzar la presión deseada fue de 12 a 15s, mientras que la decompresión fue de aproximadamente 10s. El uso de un enfriador para enfriar la chaqueta de la cámara de presión y el medio de presión aseguró que la muestra permanezca en el rango de temperatura de 20 a 50 °C durante el procesamiento, después de la presurización las muestras fueron mantenidas a 0° C, hasta que se pudo determinar la actividad de la PE

Resultados

La forma labil al calor s que constituye el 86 a 94,4% de la pectinasa se desactiva a 900 Mpa con un tiempo de 2min y a 45° C, y el resto la forma estable al calor se mantiene. El tiempo requerido para alcanzar el punto de estabilización fue de aproximadamente 15 s, contribuyendo a la inactivación de la enzima. Mayores tiempos a mayores presiones que 600MPa no indicaron alguna inactivación de la forma estable al calor.

Conclusiones:

La alta presión ha demostrado ser muy útil para la inactivación de la PE en jugo de naranja y toronja,. Como tal, es una técnica potencialmente útil para

extender la vida útil del jugo fresco, mientras se preserva su sabor fresco y su apariencia. Los resultados indican una inactivación de la forma lábil al calor de la PE mientras que tiene poco o ningún efecto sobre la forma estable al calor. Para una inactivación más eficiente de la PE, en esos jugos, se deben usar presiones mayores de 900 MPa. La presurización también estabilizó la turbidez del jugo de naranja por un periodo prolongado, a pesar de que la actividad remanente de la PE. Esta tecnología es eficiente para la destrucción de microorganismos perjudiciales, pero se considera un método demasiado caro.

6.3.-TECNOLOGIA PARA EL DESAMARGADO DEL ZUMO DE NARANJA

En la actualidad existe un problema latente en las industrias dedicadas a la extracción y procesamiento de cítricos, ya que de manera natural el zumo a pocas horas de haber sido extraído comienza a adquirir un notable sabor amargo, esto ocurre principalmente en la variedad la washington navel, el zumo de esta naranja presenta una concentración de 20–30ppm de limonina, y el público puede percibir umbrales tan bajos como 6ppm. Este problema no tendría ningún valor si se tratase de volúmenes pequeños (consumo familiar o casero); sin embargo, a nivel industrial el problema se agudiza porque se manejan grandes volúmenes para la fabricación de saborizantes naturales, jugos o gaseosas en donde la estabilidad del sabor es imprescindible.

Son varias las formas que se emplean para evitar la formación de este amargor. Los métodos varían desde la simple refrigeración hasta el empleo de resinas para el entrapamiento de los limonoides causantes del problema.

RESINAS DE ADSORCION

La FDA (*Food and Drug Administration*) aprobó la utilización de algunas resinas para ser usadas en el desamargado del zumo de cítrico. Con un zumo libre

de pulpa, la eficiencia y capacidad máxima de la resina puede ser alcanzada. Las técnicas de desamargado que más se han utilizado son, el sistema DOW y el sistema Romicon

El sistema DOW utiliza la resina DOWEX Oxipone L285 y consiste en calentar el zumo hasta alrededor de 49°C y separar el aceite del zumo, dejando un contenido residual de aceite del 0.015%. A continuación, se centrifuga el zumo para reducir el contenido de pulpa hasta alrededor del 3% y el zumo obtenido se hace pasar por una columna que contiene resinas de poliestireno que adsorben de forma selectiva la limonina amarga del zumo. El desamargado puede reducir el contenido de limonina de zumos desde 40 ppm hasta el umbral de detección sensorial generalmente reconocido de 7 ppm, dependiendo el grado de desamargado principalmente de la cantidad de resina empleada. La pulpa retirada se restituye al zumo antes de su concentración (15).

El sistema Romicon elimina la pulpa y la materia opaca del zumo mediante ultrafiltración antes de su tratamiento con la resina XAD 16. El sistema Romicon utiliza también resinas de absorción para retirar la limonina del zumo de forma selectiva.

La eficiencia del desamargado es influenciado por diferentes factores tales como:

- El contenido de pulpa o aceite del cítrico
- Tasa de flujo (Volumen de lecho por hora). Un incremento en la velocidad hace decrecer el grado de desamargado.
- La geometría de la columna (relación entre el alto, el diámetro, el ancho de la resina de adsorción).
- La temperatura (la eficiencia de la adsorción a bajas temperaturas es elevado).
- La condición de la resina (grado de regeneración).

6.4.-TECNOLOGIA APLICADA A LA DESACIDIFICACION DEL ZUMO DE NARANJA

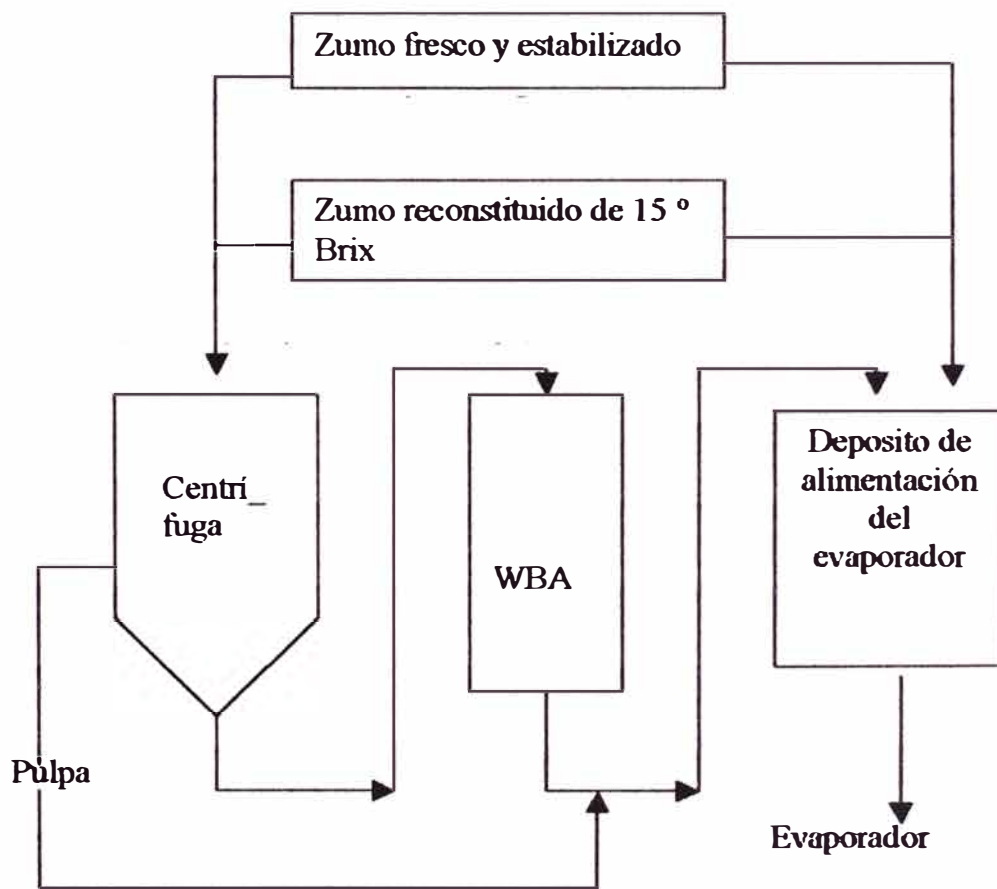
En la industria de zumos cítricos en los Estados Unidos , se ha reconocido que cerca del 20% de la población no bebe dichos zumos por la acidez que presentan. Los primeros intentos de eliminar el ácido cítrico se hicieron en los años 60, ensayando la electrodiálisis a nivel experimental y otros ensayos que tuvieron poco éxito.

RESINAS DE ADSORCION

A los finales de los años 70 , la Compañía Coca-Cola (División Alimentaria) de Plymouth (Florida) llevo a cabo ensayos que luego aplico industrialmente para reducir la acidez mediante resinas aniónicas básicas débiles .El procedimiento fue aprobado por la FDA y se dio una etiqueta para identificar los zumos así obtenidos que se han venido fabricando en los últimos 10 años en Estados Unidos. El proceso básico se representa en la figura 11 y puede aplicarse a zumos frescos recién extraídos , zumos estabilizados o concentrados que se han diluido hasta 15 Brix. El zumo pasa finalmente por la resina aniónica débilmente alcalina que separa ácido cítrico con preferencia ácido ascórbico, el ácido fólico y la vitamina E. Es importante pasar bastante zumo para que el efluente tenga un pH inferior a 4,6. Esto asegura que el ácido ascórbico y el ácido fólico hayan sido sustituidos en la resina por el ácido cítrico que es mas fuerte. Después de su paso por la columna de resina, el zumo se lleva a un deposito donde se vuelve a añadir la pulpa que se retiro al centrifugar y también zumo fresco o zumo concentrado para lograr el sabor y las características olfato gustativas más uniformes. La mezcla de zumo que resulta , se evapora para concentrar. En la siguiente reacción se aprecia el efecto de la resina en la adsorción del ion citrato.

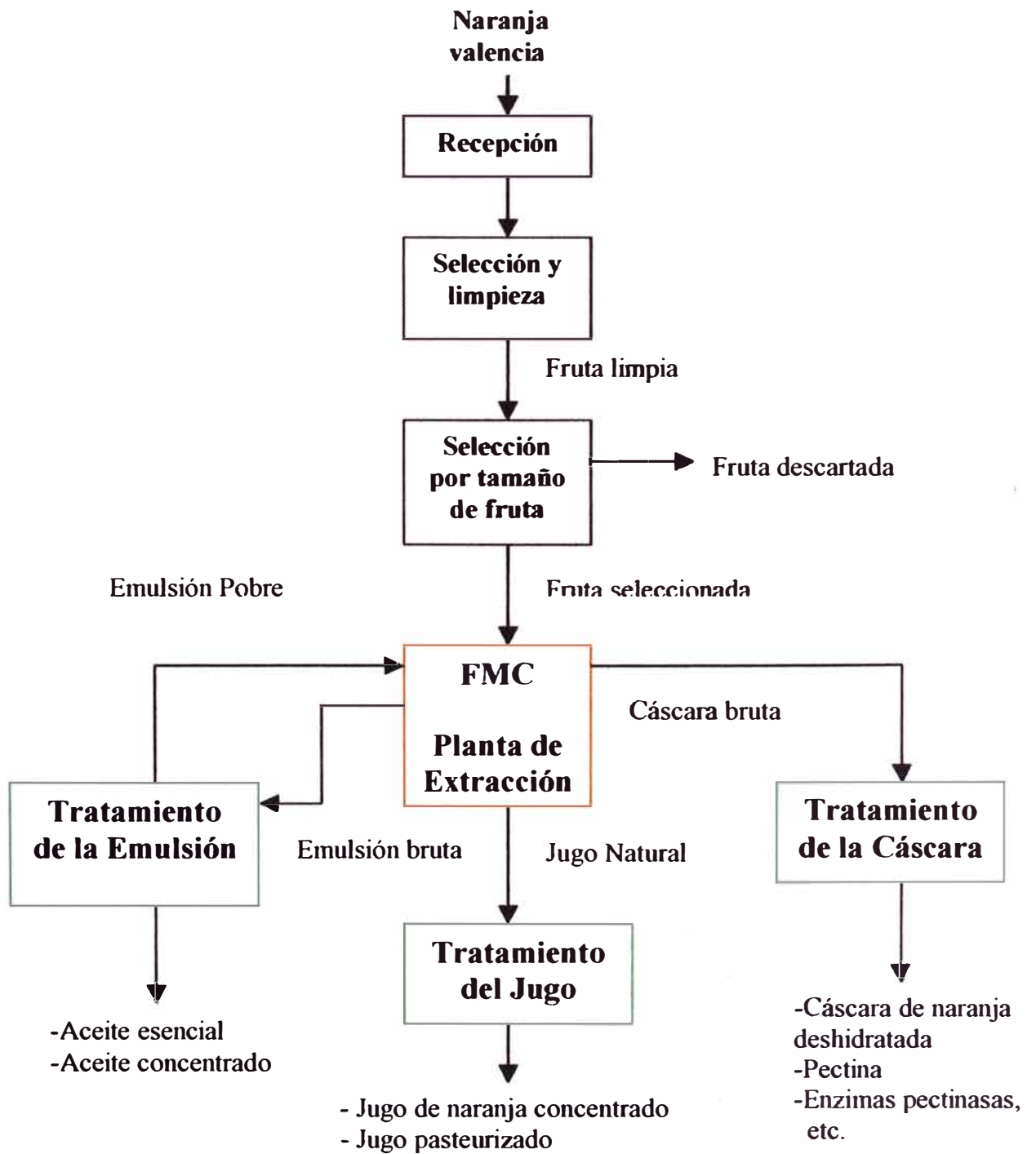


FIGURA 11 : Esquema de flujo para reducir la acidez del zumo de naranja



WBA= Resina aniónica base débil

FIGURA 12: Subproductos de la extracción del zumo de naranja



7.-TRATAMIENTO DE SUB PRODUCTOS DE LA NARANJA

Durante el proceso de extracción del zumo de naranja , se pueden obtener subproductos, tales como el aceite esencial procedente del tratamiento de la emulsión; las pectinas , procedentes del tratamiento de la cáscara; así como de los desechos de cáscara se pueden obtener alimento balanceado para animales, etc. En figura 12 se aprecia los subproductos de la extracción del zumo de naranja

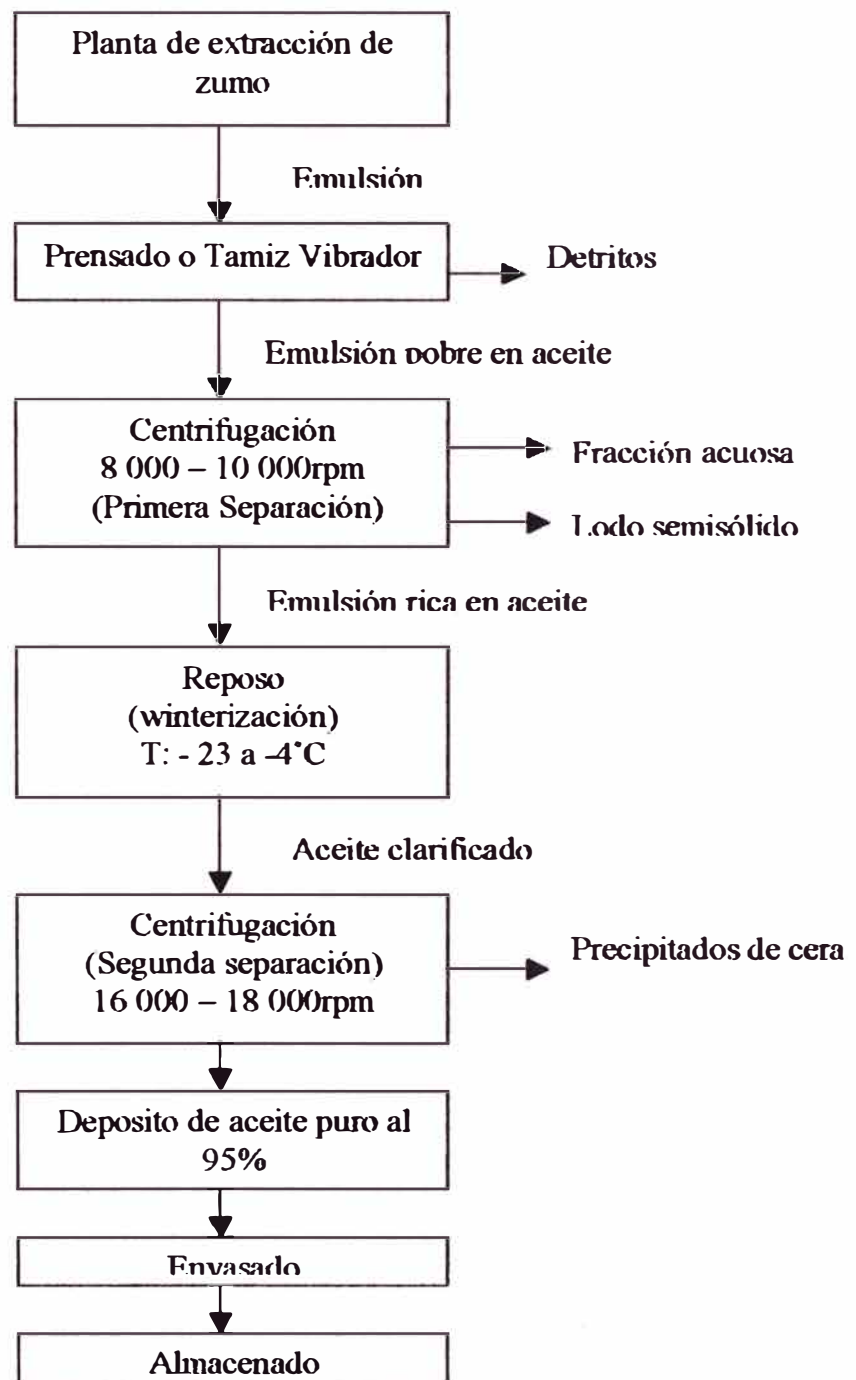
7.1.-TRATAMIENTO DE LA EMULSION

Los aceites procedentes de los extractores son arrastrados por agua y conducidos por un tornillo abierto de acero inoxidable hasta una prensa o tamiz vibrador que separa las partículas sólidas que puedan contener y desde allí son llevados a un depósito regulador, para su posterior purificación y abrillantado. Desde el depósito regulador donde se encuentra la emulsión de agua y aceite, este es conducida hasta una centrifuga separadora de aceites esenciales pasando de una emulsión del 1% a otras más pura del 20%. Luego pasa por un proceso de winterización para liberar las ceras que forman depósitos insolubles a bajas temperaturas, la temperatura se mantiene entre -23 a -4°C dependiendo del tiempo en que se mantenga la decantación. Posteriormente se conducirá hasta una centrifugadora pulidora que aumenta la pureza de los aceites del 20% al 95%, lográndose el abrillantado de los mismos.

Estos son a su salida, envasados en bidones metálicos y conducidos a la cámara frigorífica para su almacenado hasta el momento de su expedición. En la figura 13 se da el diagrama de flujo del proceso de elaboración del aceite esencial de naranja.

En el Cuadro 19, se da la composición química y en el cuadro 20 se dan las propiedades físicas y químicas del aceite esencial de naranja.

FIGURA 13: Diagrama de flujo del proceso de extracción del aceite esencial de la naranja



**CUADRO 19: Composición química del aceite esencial de naranja valencia
prensado en frío.**

Terpenos	Aldehídos	Alcoholes	Ésteres	Óxidos
<ul style="list-style-type: none"> •α-Tujeno •α-Tujeno •Camfeno •2-4-<i>p</i>-Mentadieno •Sabineno •Mirceño •δ-3-Careno •α-Felandreno •α-Terpineno •<i>d</i>-Limoneno •β-Terpineno •<i>p</i>-Cimeno •α-Terpinoleno •α, β-Cubebeno •α, β-Copaeno •β-Elemeno •Cariofileno •Fameseno •α,β-Humuleno •Valenceno •δ-Cadineno 	<ul style="list-style-type: none"> •Formaldehído •Acetaldehído •<i>n</i>-Hexanal •<i>n</i>-Heptanal •<i>n</i>-Octanal •<i>n</i>-Nonanal •<i>n</i>-Undecanal •<i>n</i>-Dodecanal •Citral, neral geranial •Citronelal •α-Sinensal •β-Sinensal •Furfural •Adehído períllico •Adehído 	<ul style="list-style-type: none"> •Alcohol metílico •Alcohol etílico •Alcohol amílico •<i>n</i>-octanol •<i>n</i>-decanol •Linalol •Citronelol •α-Terpineol •<i>n</i>-Nonanol •<i>trans</i>-Carveol •Geraniol •Nerol •Heptanol •Undecanol •Dodecanol •Elemol •Isopulegol •Borneol •Metil-heptanol •Hexanol-1 •Terpine-4-ol 	<ul style="list-style-type: none"> •Acetato de perlilo •<i>n</i>-Octilacetato •Acetato bornilo •Formiato de geranilo •Acetato de terpinilo •Acetato de linalilo •Propionato de linalilo •Acetato de geranilo •Acetato de nonilo •Acetato decilo •Acetato de nerilo •Acetato de citronelilo •Isovaleriato de etilo •Butirato de geranilo 	<ul style="list-style-type: none"> •Óxido de <i>trans</i>-limoneno •Óxido de <i>cis</i>-limoneno <p>Ácidos</p> <ul style="list-style-type: none"> •Fórmico •Acético •Caprílico •Cáprico <p>Cetonas</p> <ul style="list-style-type: none"> •Carvona •Metil-heptenona •α-Ionona •acetona •nootkatona <p>Ceras de parafina</p> <ul style="list-style-type: none"> •α, β-Dialquilacroleina

Fuente: Ashurt P. (1999).

CUADRO 20: Propiedades Físico-químicas del aceite esencial de la Naranja Dulce

Características	Mínimo	Máximo
Densidad relativa 20°C	0,842	0,850
Índice de refracción a 20°C	1,470	1,476
Rotación óptica a 20°C	94	99
Residuos de evaporación	1,0%	5,0%
Aldehído (expresado en % de decanal)	1,2	2,5

Fuente: Kimball D. (1999)

7.1.1.-ACEITE CONCENTRADO

Algunos aceites de prensado en frío se destilan con objeto de eliminar el *d*-limoneno (terpeno) y concentrar los compuestos aromáticos oxigenados menos volátiles. La reducción del contenido de terpenos mejora la estabilidad ante la oxidación y la solubilidad en agua. Estos aceites concentrados aumentan la fragancia con las notas más finas del aroma de la corteza, sin añadir el sabor acerbo de los terpenos cítricos, que se conocen como sabor a prensado. Las técnicas que se utilizan para obtener este tipo de aceite son la destilación por arrastre de vapor o la destilación fraccionada al vacío. Hay ocasiones en que solo se deben usar aceites concentrados, por ejemplo, cuando son un problema la estabilidad a la oxidación o la solubilidad en agua. No conviene utilizar los aceites concentrados solo como saborizantes-aromatizantes.

El *d*-limoneno, es un subproducto de la concentración de aceites prensados en frío, conocido como un terpeno cítrico y es un producto de alta calidad. Tiene muchas aplicaciones como en la fabricación de, perfumes, desodorantes, jabones, champúes, líquidos limpiadores, insecticidas, plaguicidas, herbicidas, o combustible. En los últimos años, la oferta y la demanda han aumentado mucho el valor del *d*-limoneno y algunos fabricantes están aplicando el aceite de prensado hacia la producción del *d*-limoneno.

Recientemente los evaporadores TASTE están equipados con un condensador interno en una línea de descarga para retirar el *d*-limoneno en el tubo de expulsión y condensarlo para evitar que salga con el agua del evaporador, el *d*-limoneno tiene un valor de DBO muy alto alrededor de 3.000.000 e incluso muy pequeñas cantidades elevan la demanda biológica de oxígeno (DBO), de forma notable en los efluentes, es por ello que es mejor recuperarlo y convertirlo en un subproducto muy valioso(1).

7.1.2.- APLICACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE NARANJA

Han tenido gran importancia como agentes saborizantes para todo tipo de bebidas alcohólicas o no alcohólicas, panadería, caramelos, pudines, gelatinas, gomas, chicles, fruta confitada y en farmacia(4).

También son usados en perfumería, cosméticos y para la fragancia de jabones. La producción y consumo de los aceites esenciales de naranja y otros cítricos ha alcanzado un gran volumen.

7.2.-TRATAMIENTO DE LA CORTEZA

El principal producto del albedo o mesocarpio es la pectina.

7.2.1.- PECTINA

La pectina que ha sido descrito como una cola natural , es un polímero de cadena larga y compleja, constituido principalmente de unidades de ácido poligalacturónico, un galactoronano lineal formado por unidades de ácido galacturónico unidas mediante enlaces α -(1-4), con pesos moleculares de 100 000 a 200 000. La pectina se produce por hidrólisis de la protopectina, que es un compuesto precursor hidrosoluble de la pectina (15).

En los frutos cítricos, la pectina mayormente se encuentra en forma de protopectina insoluble, por tanto para su extracción es necesario, convertirlo en pectina soluble y precipitarlo de su solución acuosa. En la naranja el porcentaje de pectina es de alrededor del 4,17 %

Las pectinas están divididas en dos grupos dentro del mercado, aquellas que contienen 10 a 12% de metoxil (High-metoxil, HM) y aquellas que contienen de 3

a 5% de metoxil (low-metoxil, LM). Las pectinas de HM requieren de grandes cantidades de azúcar y bajo pH para formar el gel, mientras que las pectina LM forman geles con o sin azúcar en presencia de iones divalentes calcio o magnesio.

a.-Descripción del proceso de extracción

El proceso de extracción de la pectina , se dan a continuación. En la figura 14 se da el diagrama de flujo del proceso de extracción de la pectina de la cáscara de naranja.

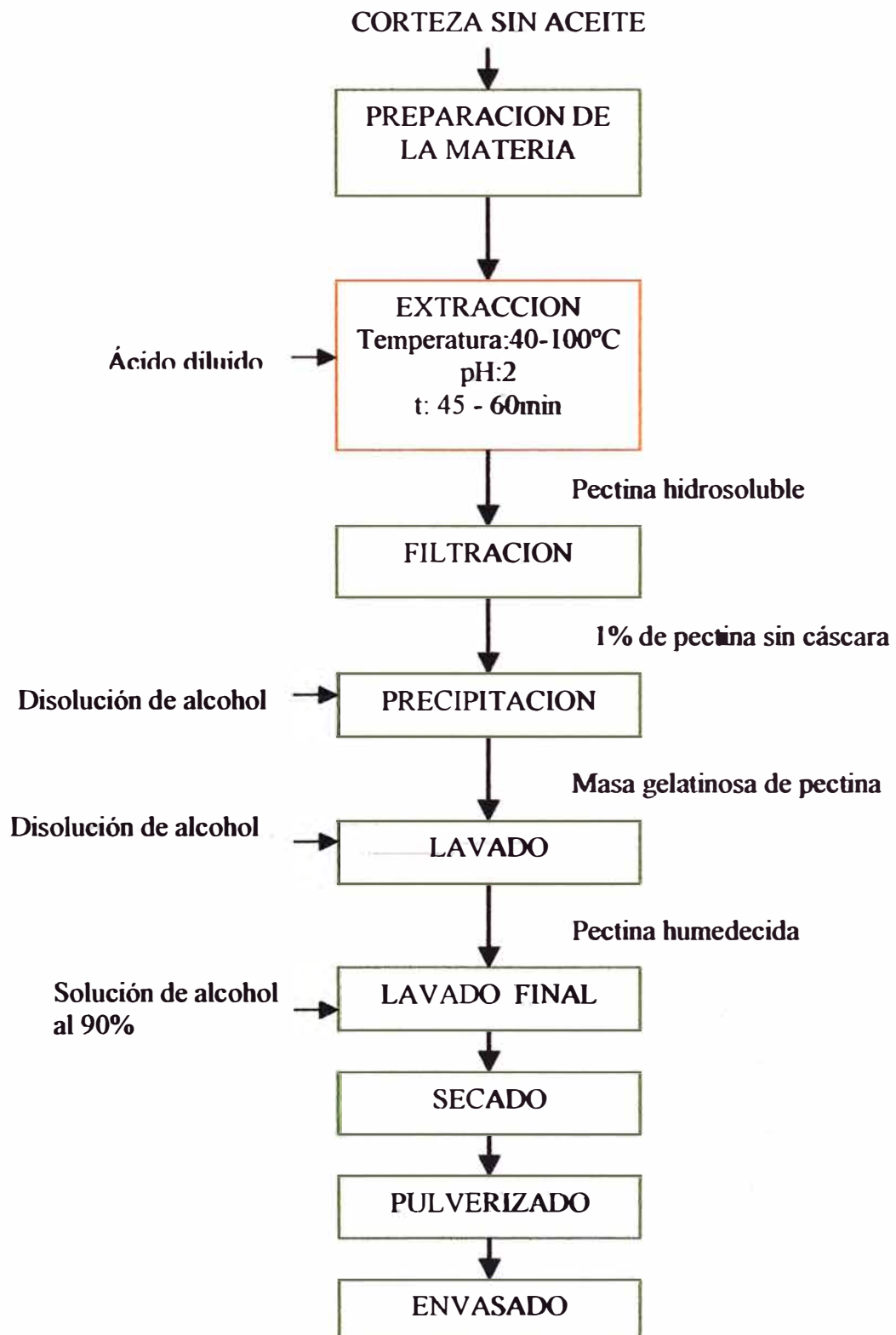
a.1.-Preparación de la materia prima

La corteza que se va a destinar a la extracción de pectina se debe primero someter a una extracción de los aceites , antes o durante la extracción del zumo. A continuación , se raya o tritura la corteza para maximizar el rendimiento de la extracción de pectina . Las ralladuras de corteza se lavan con agua para eliminar los azúcares, glicósidos y otros materiales hidrosolubles. Si la corteza no se va ha procesar de manera inmediata , se debe calentar a 95-98 °C durante 10 minutos para desactivar las pectinasas, enzimas que rompen el enlace $\alpha(1-4)$ y degradan la pectina.

a.2.-Extracción

La corteza se somete a una extracción con ácido diluido caliente (solución de ácido clorhídrico o sulfúrico de pH alrededor de 2,0 entre 40 y 100°C) durante 45 a 60 minutos. Se puede reducir el tiempo de extracción con soluciones de menor pH y a temperaturas más altas, pero se obtienen una pectina de mayor calidad con extracciones múltiples, en condiciones más suaves. Se debe controlar el contenido de metales pesados, impurezas frecuentemente presentes en los ácidos de grado técnico, y eliminar el exceso en caso necesario. Esta extracción

FIGURA 14: Diagrama de flujo del proceso de extracción de la pectina



con ácido facilita la conversión de las protopectinas de la corteza en pectinas hidrosolubles .

a.3.-Filtración o Purificación

La disolución ácida se separa de la corteza mediante filtración con tierra de diatomeas o algún método equivalente y mediante filtros prensa o equipos similares. Esta disolución contiene alrededor de 1% de pectina y se debe concentrar hasta alrededor de 3 a 4% de pectina.

a.3.-Precipitación

A la disolución obtenida se añade alcohol isopropílico, etanol , metanol o isobutanol hasta un 50-70% en peso, lo que ocasiona la precipitación de la pectina en una masa gelatinosa. Generalmente , la pectina se separa de la disolución mediante una prensa hidráulica.

a.4.-Lavado

La pectina obtenida se lava en varias disoluciones de alcohol en agua al 50-70% y se somete a un lavado final con una solución de alcohol al 80-90%. Con estos lavados se elimina alrededor del 50% del alcohol y agua.

a.5.-Tratamiento Final

Se realiza un secado final con aire caliente que reduce el contenido de humedad hasta alrededor del 6 al 10%. Finalmente, la pectina sólida se pulveriza y envasa ,en bolsas de polietileno ,en forma de un polvo blanco amarillento.

Si se lava la pectina con una solución ácida antes del secado , se obtiene pectina de gelación rápida, mientras que si se deja reposar en una solución

alcohólica acidificada durante 10 a 20 horas se obtiene una pectina de gelación lenta. El rendimiento de pectina es generalmente en torno al 3% del peso de corteza. Debido al alto coste de los disolventes empleados en la extracción de la pectina, es recomendable la recuperación y reutilización de las soluciones de lavado(3).

b.-Especificaciones para Pectinas Comerciales

El comité de especificaciones Codex (Food Chemicals Codex, FCC) ha establecido especificaciones para la pectina comercial. Se aprecian en el cuadro 21.

c.-Aplicaciones

- En las jaleas se utiliza generalmente pectina de gelación lenta para que la geificación no se produzca hasta después del envasado, además en las jaleas generalmente se emplea una mayor cantidad de pectina para obtener un gel mas firme.
- En confituras , es mejor utilizar una pectina de gelación rápida, ya que si la gelificación es demasiado lenta , se puede producir la separación de los trozos de fruta (dado su menor peso específico , tienden a ascender hacia la superficie del producto).
- En la industria de helados se usa para evitar la cristalización del, hielo.
- En la industria Láctea la pectina se utiliza para prepara proteínas solubles de la leche , como estabilizador de quesos.
- Como agente emulsificante de aceites comestibles, en la producción de mayonesa y aceites esenciales que se usan en la manufactura de compuestos aromáticos.
- En la preparación de medios de cultivo , así como medio de identificación de ciertos microorganismos.

CUADRO 21 : Especificaciones para pectinas comerciales

Parámetro	Especificación
Cenizas insolubles en ácido	$\leq 1\%$
Arsénico	$\leq 3\%$
Cenizas totales	$\leq 10\%$
Grado de esterificación (pectina de alto grado de esterificación)	$\geq 50\%$
Grado de esterificación (pectina de bajo grado de esterificación)	$\leq 50\%$
Grado de sustitución amídica (pectina de bajo grado de esterificación)	$\leq 40\%$
Metales pesados	$\leq 0,004\%$
Plomo	$\leq 10\text{ppm}$
Perdida de peso por secado	$\leq 12\%$
Índice de metilo sódico	$\leq 0,1\%$
Galacturónidos anhidros totales	$\leq 70\%$

Fuente: Kimball D. (1999)

7.2 2.-CORTEZA DESHIDRATADA

Es uno de los principales productos para alimentos de ganado vacuno y ovino, solo superado en valor nutritivo por el maíz. El secado de la corteza es bastante complejo y requiere un cuidadoso control. La corteza prensada se deshidrata durante su paso por un secador rotativo. El rendimiento del secado depende de la consistencia y de la velocidad de paso de la corteza por el secador. El parámetro más importante que se debe controlar en la elaboración de la corteza deshidratada es el contenido de humedad, que se debe mantener en niveles inferiores al 10%. En caso contrario se producirá el deterioro microbiano de la corteza, con el consiguiente calentamiento que puede incluso ocasionar la combustión espontánea del producto.

7.2.3.-PRODUCCION DE PECTINASAS

Las pectinasas o enzimas pectonilíticas constituyen un complejo enzimático que constituyen: poligalacturonasas (PG), pectinliasas (PL), pectinmetilesterasas (PE) y pectatoliasas. Todas ellas degradan los enlaces α -D-(1-4) entre los residuos de ácido galacturónico y las enzimas desesterificantes de ester ácidos.

Muchos países tienen que importar enzimas como las pectinasas para utilizarlas en sus procesos de producción. Estas enzimas se pueden producir de desechos vegetales proveniente de empresas agroindustriales, de esta manera se aprovechando estos desechos.

En la industria de elaboración de zumos de naranjas se desechan gran cantidad de cáscaras, los cuales son excelentes para ser usado como sustrato de bajo costo y buen potencial en producción de enzimas, proteína celular, etanol,

biogás y otros productos de importancia comercial. En el cuadro 22 se da la composición química de los residuos de naranja.

a.-Aplicación industrial de las pectinasas

Las pectinasas son usadas principalmente para la extracción y clarificación de jugos y vinos, en la producción de extractos vegetales y para desgomar las fibras.

En la industria de la extracción de jugo de manzana , son muy usadas las preparaciones enzimáticas capaces de degradar rápidamente la pectina altamente esterificada de esta fruta. En la obtención de jugo de manzana concentrado, la despectinización completa del jugo, es una necesidad preliminar, con el fin de obtener productos con alto contenido de sólidos, sin riesgo de gelificación o de turbidez.

El jugo de naranja , así como todos los jugos de cítricos tiene un alto contenido de pectinasa natural, que con el tiempo desesterifica las pectinas presentes. Las pectinas y pectatos de alto peso molecular tienden a precipitar, a causa del calcio presente (figura 15); si se tratan de manera controlada con pectinasas, se reduce su peso molecular, no precipitan y la turbidez del jugo se estabiliza.

Los proceso de separación de tejidos, dejando intactas las células , se denominan maceración, la cual se aplica, por ejemplo, en la preparación de jugos de zanahoria para niños, para esta aplicación se usan enzimas principalmente PG. Para obtener una consistencia cremosa y una turbidez estable. En la preparación de néctares se usan las enzimas PG y PL..

CUADRO 22 : Composición química de residuos de naranja.

Componente	Piel	Pulpa	Semilla
Proteínas (% b.s)	7 - 8	6 - 7	9 - 15
Grasa(% b.s)	-	3 - 4	20 - 26
Fibra(% b.s)	9 - 10	12 - 15	7 - 15
Cenizas(% b.s)	3 - 4	4 - 5	2.5 - 3.5
Extracto libre de Nitrógeno(% b.s)	75 - 80	60 - 65	25 - 40
Pectina(% b.s)	16 - 30	4 - 8	-

Fuente: Vivanco E. (2002)

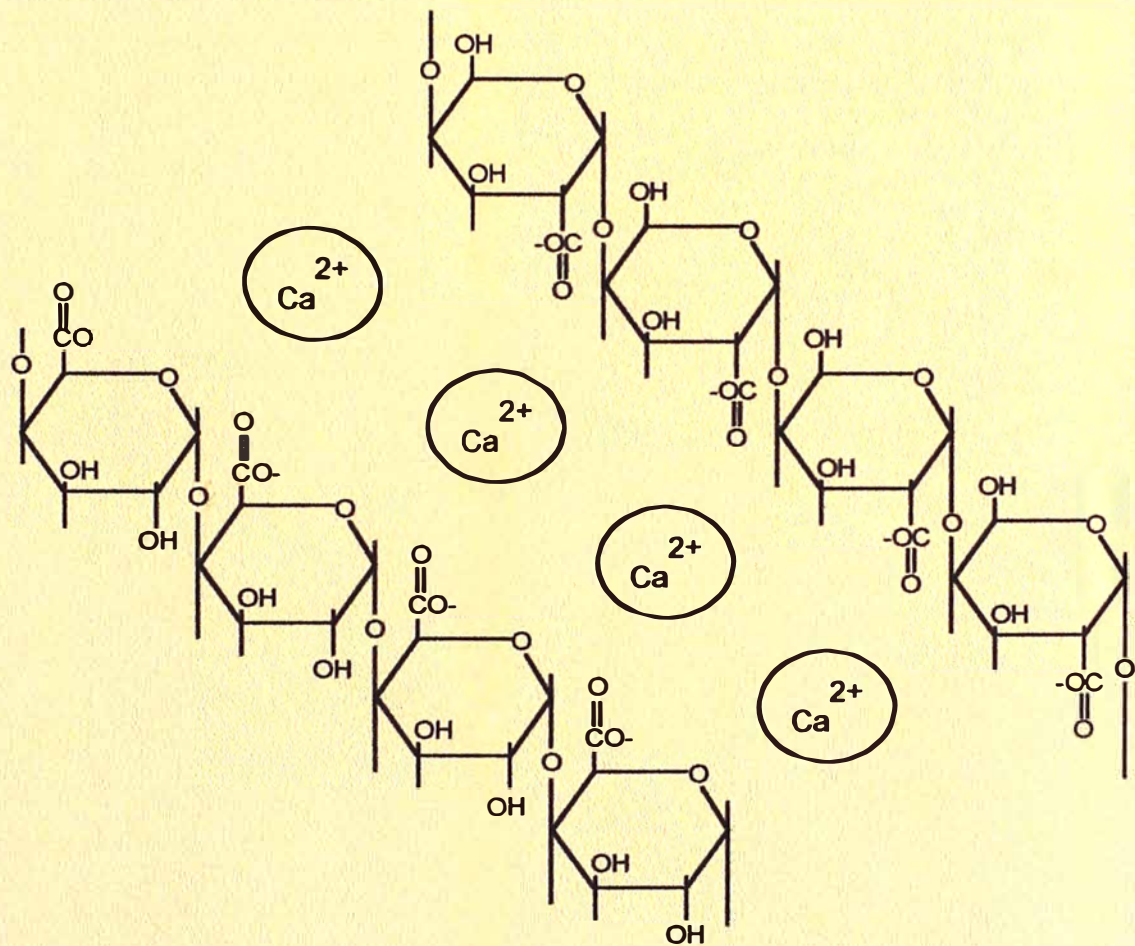


Figura 15: Estructura del pectato de calcio, principal responsable de la gelificación y pérdida de opacidad de los zumos de cítricos.

7.3.-SUB PRODUCTOS DE LAS SEMILLAS

Las semillas o pepitas no se encuentran en todas las variedades de naranjas, como por ejemplo, las washington navel generalmente no tienen pepitas. Un producto importante que se puede obtener de las pepitas es la limonina.

7.3.1.-LIMONINA

limonina es el principal componente amargo de los zumos de cítricos, es el producto de reacciones que se originan en el tronco de los árboles de los cítricos. estas reacciones producen los compuestos conocidos como limonoides uno de estos limonoides es la lactona de anillo-A ,un compuesto insípido cuya estructura es la del anillo abierto de la limonina. En la mayoría de las variedades de la fruta este precursor de la limonina se encuentra en la semilla de la fruta madura. Sin embargo en las naranjas navel, sin pepitas, la lactona de anillo -A permanece en la membrana de la célula del jugo. En el cuadro 23, se presenta el reporte de varios investigadores con respecto a la concentración de limonina en diferentes partes del fruto cítrico.

PROCESO DE EXTRACCION

a.-Tratamiento de la semilla

Luego de lavar bien las semillas con agua potable y con agua destilada, se procedió al secado. El secado se realizó a una temperatura óptima de 70°C. Luego se muelen las semillas hasta obtener una especie de harina húmeda debido al aceite de la semilla.

CUADRO 23: Concentración de limonina en el fruto cítrico

Parte del fruto	Concentración de limonina (ppm)	Especie o variedad
Exocarpio o flavedo	6,1	<i>Citrus paradisi</i>
Mesocarpio o albedo	11,6	<i>Citrus páradisi</i>
Endocarpio o pulpa	3,3	<i>Citrus paradisi</i>
Zumó	129*	<i>Citrus unchiu Marcov</i>
	17,9	<i>Citrus grandis L. Osbeck</i>
	23	<i>Citrus sinensis Var. Valencia</i>
	21,5	<i>Citrus paradisi</i>
	23	<i>Citrus sinesis var. Washington navel</i>
Semillas	3200	<i>Citrus Sinensis var. Valencia</i>
	6600	<i>Citrus paradisi</i>
	800	<i>Citrus lemon</i>

*Como glicosido de limonina

Fuente: Matthews R. (1990)

b.-Tratamiento de la harina (sustrato)

Se ajusta el pH del sustrato en el rango de 1 a 5 con solución diluida de un ácido mineral en una relación de agua-harina entre 1:0,5 – 1:3 y se mezcla mediante agitación adecuada con un volumen fijo de benceno por dos veces. El residuo sólido se lava con suficiente agua y se seca para su posterior utilización.

c.-Extracción de la limonina

Se unen los extractos orgánicos y se concentran hasta un volumen fijo para por cambio de solvente con la adición de otro solvente orgánico apolar y por enfriamiento lograr la precipitación de la limonina. El precipitado se recristaliza en una mezcla de diclorometano – isopropanol en relación de volumen 1:1 para obtener limonina cristalina con un alto grado de pureza.

Con esta experiencia se evaluó la influencia del contenido de agua en la harina, pues de incrementar la relación de agua –harina 1:1, se disminuye el rendimiento en cinco veces. Además se determinó una influencia significativa de la acidez pues a menos de pH 2 disminuye el rendimiento.

De los solventes que se pueden utilizar para la extracción de la limonina el diclorometano da un rendimiento del 100%, seguido del benceno 80%, y cloroformo – etanol 60% (12).

7.3.2.-ACEITE DE SEMILLAS

Las semillas se trituran y presan obteniéndose el aceite se clarifica y somete a un tratamiento alcalino para eliminar principios amargos y ácidos grasos libres. Luego debe enfriarse para que cristalicen los glicéridos de elevado punto de fusión, los cuales se remueven en un filtro prensa.

7.3.3.-QUEQUE DE SEMILLAS

El queque obtenido de la extracción de aceite se caracteriza por ser rico en proteínas, por lo que podría ser empleado como complemento alimenticio de animales. Además, podría ser sometido a delignificación bajo condiciones alcalinas, lo que permite que quede disponible la celulosa y hemicelulosa para ser aprovechadas por algún microorganismo.

8.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El informe monográfico presentado, sirve como base para la elaboración de un proyecto de desarrollo tecnológico.
2. Es muy importante el abastecimiento a la agroindustria de naranjas que cumplan con los mínimos requisitos en calidad y volumen, es por ello ,que el Estado debe apoyar a los agricultores de las diferentes regiones del Perú. De esta manera la agroindustria crece, no solamente en la obtención de jugo de la naranja sino también del aceite esencial y otros subproductos de gran demanda en la industria alimentaria de nuestro país.
3. El zumo concentrado congelado es la base para muchas otras bebidas, como las isotónicas, las cuales están aumentando su mercado en nuestro país ,es por ello que se debe dar importancia al proceso de obtención de zumos concentrados así como el control de calidad ,también conocer las especificaciones del zumo concentrado para evitar adulteraciones.
4. Uno de los factores que afectan la calidad del zumo es la presencia de componentes amargos , los cuales se producen por acción de la limonina durante el proceso de extracción del zumo , para evitar ello se deben usar extractores FMC, y luego una refrigeración a menos de 0°C o técnicas como las resinas para atrapar a los limonoides. Se han desarrollando métodos enzimáticos para estabilizar el sabor del zumo de cítricos.
5. Un problema importante durante el procesamiento del jugo de naranja concentrado es la evaporación, la cual por ser un tratamiento térmico afecta las propiedades de sabor, aroma y color del zumo. Es por ello que se dan en el informe tratamientos no térmicos para la concentración , siendo una alternativas el tratamiento con membranas. Así también como la aplicación de las altas presiones para inactivar las enzimas y microorganismos.
6. Generalmente en la industria de zumo de naranja, se aprovechan el 50% del fruto, como zumo, y el resto se desechan, ocasionando contaminación ambiental y perdida de oportunidad para la empresa, como se explico en el informe los “desechos” como la cáscaras tienen muchas aplicaciones .

9.-BIBLIOGRAFIA

1. Ashurt P.; Producción y Envasado de Zumos y Bebidas de Fruta sin Gas; 2ª de, Acribia SA; Zaragoza España; 1999; 58
2. Aso G, Paz D, Perez M; Primeros Avances en la Racionalización del Consumo de Agua es una Planta Industrialización de Citrus; Avance Agroindustrial; 2001; Vol: 22; 8
3. Cannesa J; Proyecto de factibilidad para la Obtención de la Pectina a partir de la Naranja y Toronja. UNALM; Tesis, Ing. Ind. Alimentaria ; 1978; 51
4. Cano M; Diagnostico y Posibilidad de la Industrialización de Aceite Esencial en el Perú; UNALM; Tesis, Ing. Ind. Alimentaria; Lima; 1990;134
5. Carbonell E., PROCITRUS; Programa de Exportación de Cítricos; Lima, 1999; 56
6. Carranza G; Estudio Sobre la Industrialización de Cítricos; UNALM, Tesis, Ing. Agrónomo; Lima; 1967; 59
7. Casp A, Abril J; Procesos de Conservación de Alimentos; Universidad Publica de Navarra, España; 1999; 447
8. Cassano A, Drioli E, Galaverna G; Clarification and Concentration of Citrus and Carrot Juices by Integrated Membrane Processes; Journal of Food Engineering; 2003; 57
9. Castillo I, Saenz M , Sotelo V; Estudio de Prefactibilidad para la Instalación de una Planta Procesadora de Jugo de Naranja. UNALM, Tesis, Ing. Ind. Alimentaria; Lima; 1999; 20
10. CONAFRUT; Cultivos de Cítricos Manejo Post cosecha y Comercialización; 1995; 30
11. Cortez A; Extracción de Aceite Esencial de Naranja Valencia; UNALM; Tesis, Ing. Ind. Alimentaria; 1973; 58
12. Ccarifiaupa F; Aislamiento y Selección de Microorganismos Degradadores de Limonina Obtenida de semillas de naranja Valencia (Citrus Sinensis L); UNALM; Tesis, Biologo; Lima; 1999; 8

13. Goodner J, Braddock R, Parish M; 1998; Inactivation of Pectinesterase in Orange and Grape Fruit Juices by High pressure; *Journal of Agri an Food Chemistry*; University of Florida; ICD; TEEAL
14. ITINTEC NTP 203.004-1976 Jugo de Naranja
15. Kimball D.; *Citrus Processing a Complete Guide*; 2ªed; Kluwer Academic/Plenum Publisher; New York, USA; 1999;7
16. Mattews R; 1990 Removal of Limonin And Narangin from Citrus Juice by divinyl benzene Resing.; *Food Technology*; Vol: 4; 130.
17. Ministerio de Agricultura; *Producción Hortofruticola*; 1998; 387; 1999; 581
18. Ministerio de Agricultura, SISAP; pagina web: http://frenteweb.minag.gob.pe/sap_p1000.php
19. Pautrat P, Viacava M; *Estudio de Prefactibilidad para la Instalación de una planta de Bebida Isotonica con Jugo de Naranja*. UNALM, Tesis, Ing. Ind. Alimentaria; lima; 2003; 92
20. Pineda T; *Proceso de Elaboración de Alimentos y Bebidas*; 1ªed; AMV Ediciones y Mundi Prensa; Córdoba- España ; 2003;92
21. Torres A; *La Osmosis Inversa en la Ind. Alimentos*; *Tecnología Alimentaria*; 1997;3
22. Vidal N. ; *Influencia del Método de Procesamiento sobre la Características del Jugo de Naranja*. UNALM, Tesis, Ing. Ind. Alim.; Lima;1993;39
23. Vivanco E; *Producción de Pectinasas a Partir de Aspergellus NRRL341, por Fermentación Sólida Utilizando Residuos de Naranja, Maracuya y Limón*; UNALM, Tesis, Ing. Ind. Alimentaria; 2002, 27
24. Yeom h,Streaker C,Zhany B, Howard M, Min D; 2000; Effects of Pulsed electric Fields on the Quality of Orange juice and comparison with Heat Parteurization; *Journal of Agri. Food Chemistry*; Ohio State University; ICD;TEEAL

APENDICE 1

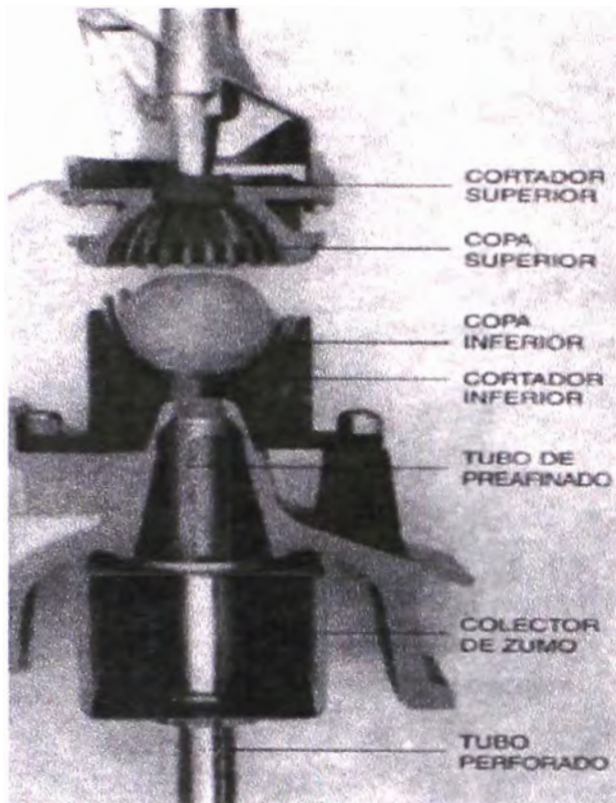
1.- FUNCIONAMIENTO DE LOS EXTRACTORES DE ZUMO DE NARANJA

A continuación se describe el funcionamiento de los extractores más utilizados en la industria de procesamiento de zumo de cítricos.

1.1.-EXTRACTOR DE ZUMO FMC.

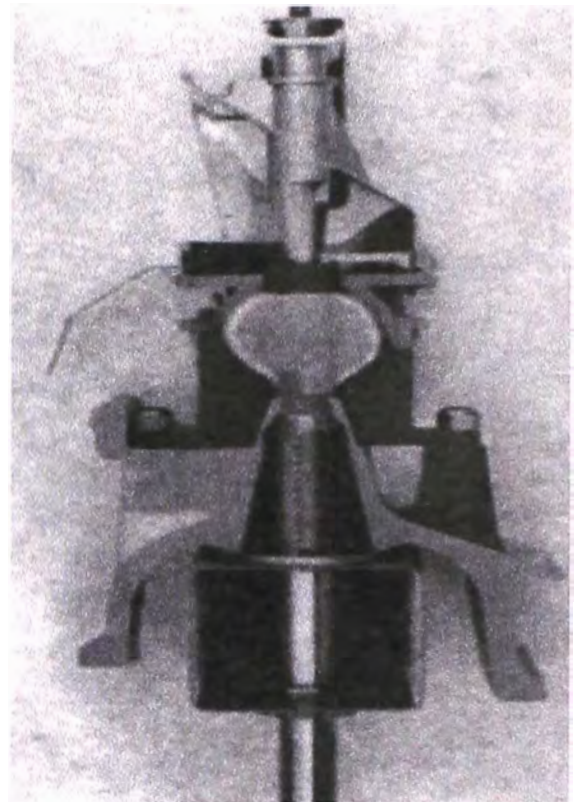
Consta de entre tres y ocho cabezales ,un extractor de cinco cabezales puede procesar entre 325 y 560 piezas de fruta por minuto. Cada cabezal esta formado por un par de copas, superior e inferior. Cuando se coloca la fruta en la copa inferior , la copa superior baja y exprime la fruta haciendo presión sobre la copa inferior (figura 16). Ambas copas presentan orificios en su parte central; un borde cortante produce en la parte inferior de la fruta un orificio de aproximadamente 2.5cm de diámetro , y toda la parte interna se fuerza a través del orificio inferior hacia el interior del tubo perforado (figura 17). Este tubo perforado presenta un estrechamiento del diámetros en su parte interior, lo cual genera una presión sobre el material de la fruta que entra en el mismo: el zumo pasa a través de las perforaciones del tubo y se expulsa por la parte trasera de la maquina hacia los equipos de procesado de zumo , mientras que el material del corazón del fruto se expulsa por la parte inferior de la maquina a un transportador sin fin que la lleva al exterior de la planta. La corteza se expulsa por la abertura de la copa superior , produciéndose durante la expulsión un efecto de doblado y raspado de la corteza exterior que revienta las glándulas oleíferas del flavedo y libera el aceite de las mismas. Se rocía la corteza con agua produciéndose una emulsión con el aceite de la corteza la cual cae por la parte delantera de la maquina y es transportada a una instalación de recuperación de aceite.

Así mediante un solo movimiento de la copa superior el fruto se descompone en emulsión de aceite, zumo, corteza y material del corazón de la fruta.



1

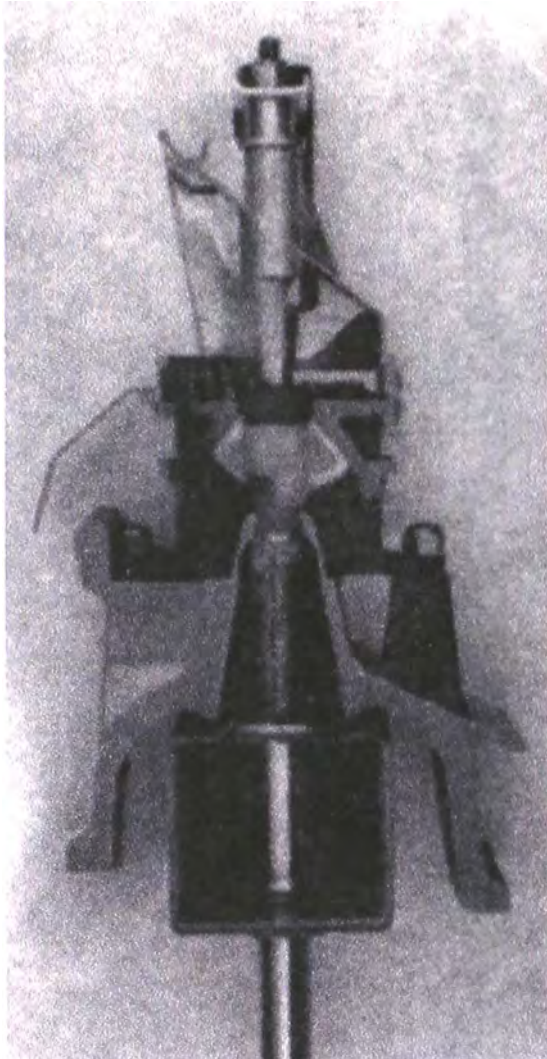
- El cortador superior recorta un taco en la parte superior de la fruta para facilitar la separación de la corteza y las porciones internas de la fruta.
- Las copas superior e inferior sujetan la fruta por su exterior durante todo el ciclo de expresión para impedir que reviente.
- El cortador inferior recorta un taco en la parte inferior de la fruta para facilitar el acceso de las partes internas de la fruta en función de su tamaño de partículas.
- El tubo de preafinado separa los materiales de la parte interna de la fruta en función de su tamaño de partículas.
- El colector de zumo recoge el zumo y las vesículas de zumo.
- El tubo perforado ejerce presión en el interior del tubo de preafinado y recoge y descarga la membrana y semilla.



2

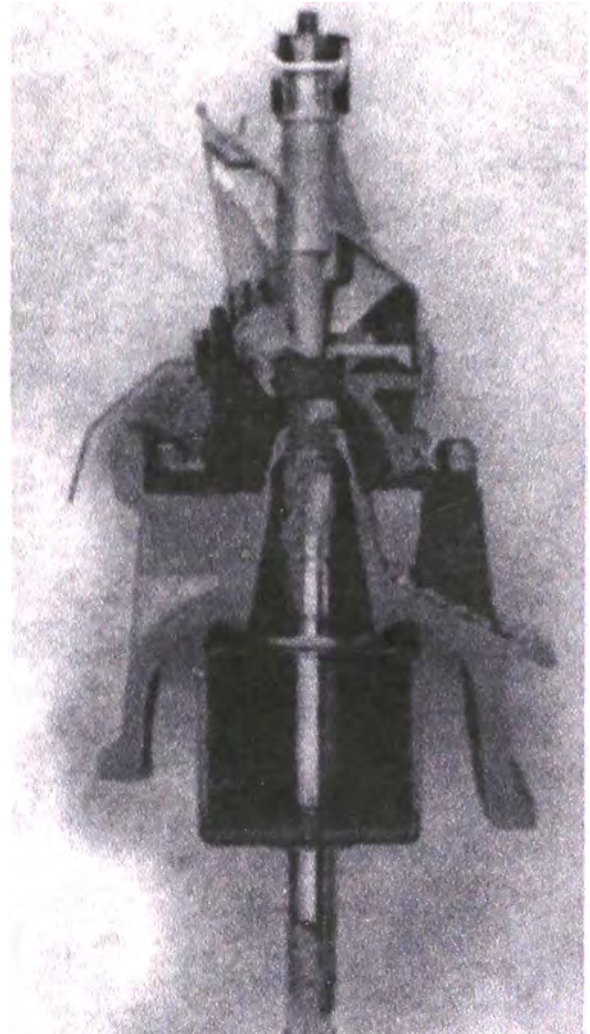
- En esta primera fase del ciclo de extracción, la copa superior realiza un movimiento descendente ejerciendo presión sobre la fruta y se inicia el corte de los tacos de corteza superior e inferior.
- Las copas tienen un perfil especial que permite sujetar la fruta de manera que reviente y que se exprima de manera uniforme.

FIGURA 16. PROCESO DE OPERACIÓN 1,2 DEL EXTRACTOR FMC



3

- Conforme avanza el ciclo de extracción, aumenta la presión ejercida sobre la fruta que fuerza la salida de las partes internas por la parte inferior de la misma al tubo de preafinado.
- Simultáneamente, se produce la descarga de la corteza por el espacio entre la copa superior y el cortador.



4

- Al final del ciclo de extracción, las partes internas de la fruta están en el tubo de preafinado, momento en el cual asciende el tubo perforado y ejerce presión sobre el contenido del tubo de preafinado. Esta fuerza al zumo y las vesículas de zumo, debido a su reducido tamaño, a atravesar los orificios del tubo de preafinado hacia el colector de zumo.
- Las partes internas de la fruta, cuyo tamaño de partículas es mayor que los orificios del tubo de preafinado, son empujadas hacia una abertura en el tubo perforado y se descargan por la parte inferior.

FIGURA17. PROCESO DE OPERACIÓN 3,4 DEL EXTRACTOR FMC

1.2.-EXTRACTOR DE ZUMO BROWN.

Existen varios modelos , todos los cuales presentan el mismo principio de funcionamiento. Los modelos 400 puede procesar hasta 350 piezas por minuto y el modelo 720 puede procesar hasta 700 piezas por minuto (figura 18) . Este tipo de extractor esta constituido por cabezas giratorias ; la naranja se parte en dos y cada mitad se coloca frente a las cabezas rotatorias que se elevan para exprimir el jugo y se alejan para permitir la eyección de la cáscara. Esta maquina es muy selectiva en el tamaño de la fruta. Para tratar todos los tamaños es necesario usar cuatro maquinas.

Para reducir la cantidad de aceite en el jugo a niveles óptimos , se pueden utilizar un extractor de aceite Brown previo al proceso de extracción.

1.3.-EXTRACTOR DE ZUMO FMC PREMIUM.

Fue diseñado para disminuir el contenido de aceite en el zumo , el cual se produce cuando el extractor FMC exprime y mezcla con el zumo la parte de flavedo que hay en el tapón de corteza cortado, durante el proceso de exprimido .

Si no se utiliza este tipo de extractor puede ser necesario recurrir al desaceitado o evaporación del zumo para reducir el contenido de aceite hasta un nivel apropiado. Esta operación se debe realizar en los zumos pasteurizados sin concentrar.

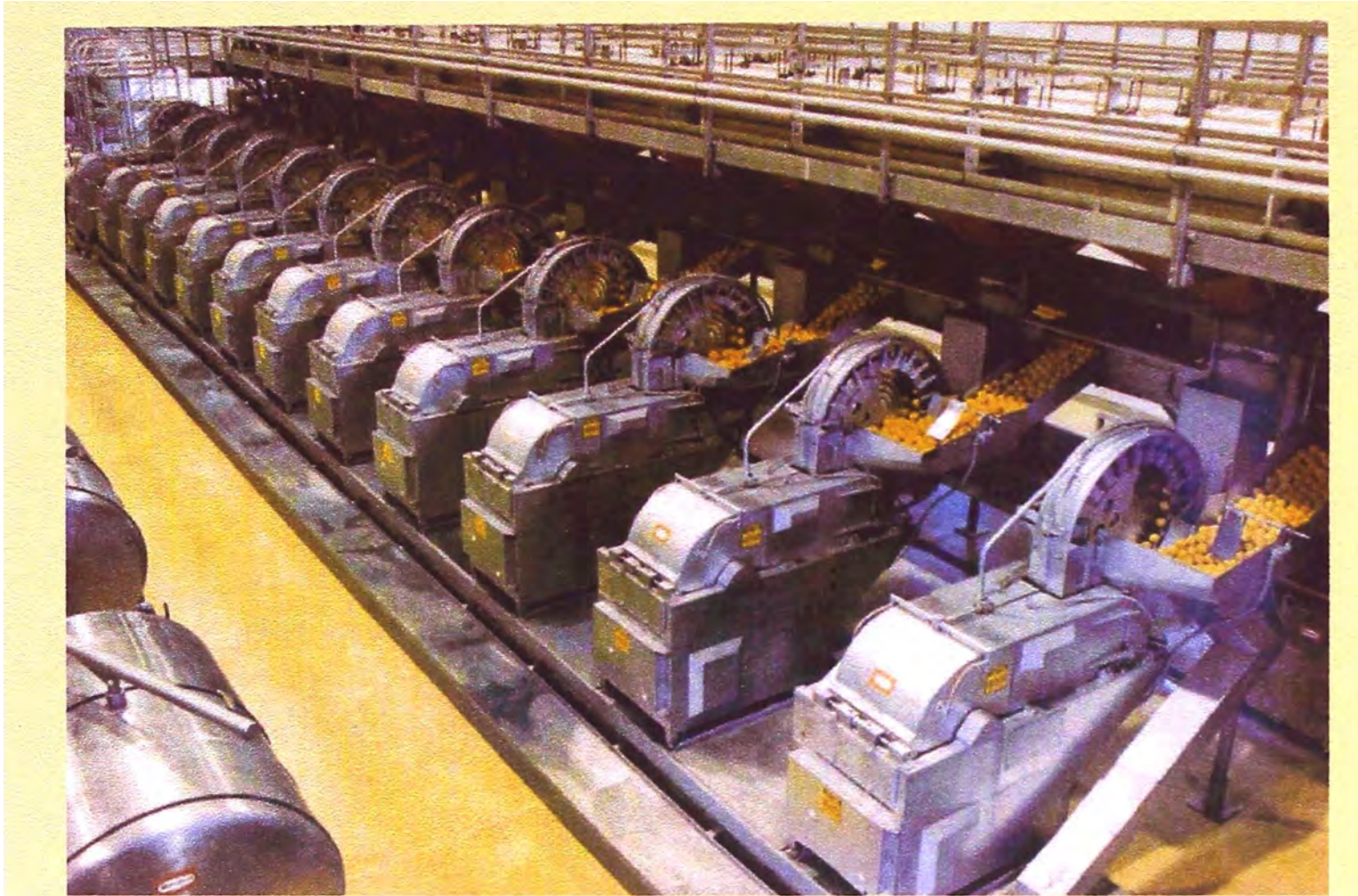
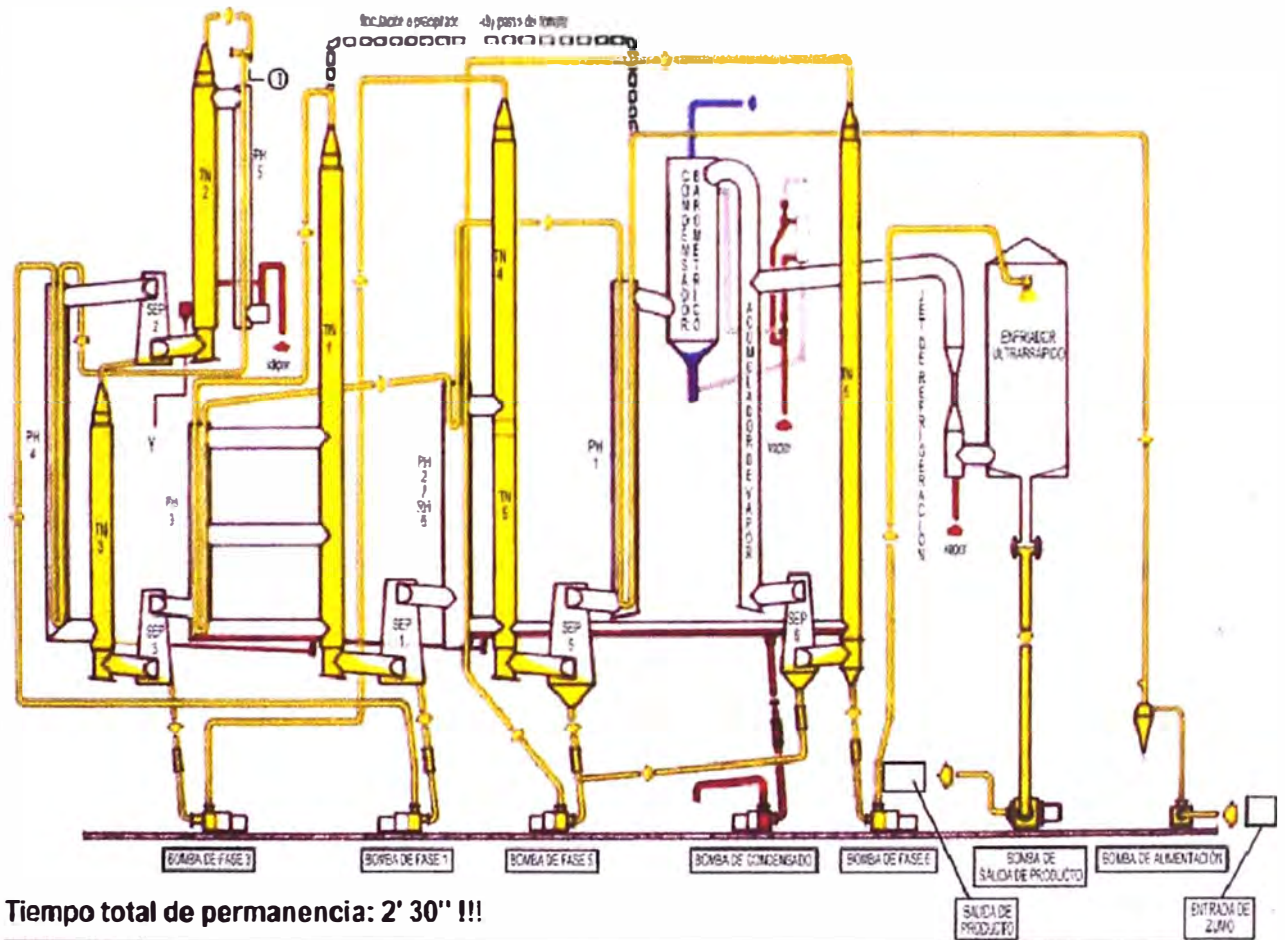


Figura 18: Bateria de extractores de zumo BROWN modelo 720

APENDICE 2



ESQUEMA DE UN EVAPORADOR TASTE DE 4 EFECTOS

APENDICE 3**CUADRO 24: Ingredientes de una bebida Isotónica a Base de Jugo de Naranja**

Componentes	Cantidad (gramos/100 ml de bebida Isotónica)
Jugo concentrado de naranja (65°Brix)	15,260
Agua desionizada	75,850
Vitaminas	0,012
Minerales	0,110
Fructosa	2,330
Malto dextrina	4,500
Ácido cítrico	1,800
colorante	0,009
Aroma	0,009
Benzoato de Sodio: sorbato de potasio	0,009

Fuente: Ashurt P. (1999)

FIGURA 19: Flujo de Operación para la elaboración de una bebida Isotónica en base a zumo concentrado de naranja

