



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

Curso Académico:

RESUMEN

La elaboración de jugos concentrados de frutas en la industria ha ido evolucionando a lo largo del tiempo. Los primeros jugos se realizaban a través de técnicas convencionales, pero en la actualidad han surgido nuevas técnicas, como la tecnología de membranas, que suponen un gran avance disminuyendo el costo de elaboración y obteniendo productos finales mucho mejores.

En el estudio realizado a continuación se ha diseñado una planta de producción de concentrados de kiwi para elaborar jugos. Las técnicas empleadas para elaborar los jugos son tecnología de membranas. Entre las cuales se ha elegido realizar una ultrafiltración para clarificar y una destilación osmótica para concentrar. La elección de estas técnicas es debido a que se desea un jugo con una alta concentración de kiwi sin que se degraden sus propiedades, y a un precio asequible.

Finalmente se ha obtenido la cantidad de producto que se elabora al año, y se ha realizado un presupuesto del coste de la instalación, en el que se incluyen todos los gastos realizados al año.

Palabras Clave: Zumo de Kiwi, Concentración, Clarificación, Membranas.

RESUM

L'elaboració de suc concentrats de fruites en la indústria ha anat evolucionant al llarg del temps. Els primers suc es van realitzar a través de tècniques convencionals, però en l'actualitat han sorgit noves tècniques, com la tecnologia de membranes, que suposen un gran avanç disminuint el cost d'elaboració i obtenint productes finals molt millors.

En l'estudi realitzat a continuació s'ha dissenyat una planta de producció de concentrats de kiwi per l'elaboració de suc. Les tècniques emprades para l'elaboració de suc són tecnologia de membranes. Entre les quals s'ha elegit realitzar una ultrafiltració per a clarificar i una destil·lació osmòtica per a concentrar. L'elecció d'estes tècniques és degut al fet de que es desitja un suc amb una alta concentració de kiwi sense que es degraden les seues propietats, i amb un preu assequible.

Finalment s'ha obtingut la quantitat del producte que s'elabora al any, i se ha realitzat un pressupost del cost de la instal·lació, en el que s'inclouen tots els gastos realitzats al any.

Paraules Clau: Suc de kiwi, Concentració, Clarificació, Membranes.

ABSTRACT

Preparation of fruits juices of concentrates in industry has developed over time. First juice are made through conventional techniques, but now have emerged new techniques, like membrane technology, that representing progress decreasing elaboration cost and getting much better final products.

In study has designed a production plant to produce kiwi juices Techniques use to make juices are membrane technology. Techniques choose for realize are ultrafiltration to clarify and an osmotic distillation to concentrate. Choice of these techniques is because it desired to get a juice with a high concentration of kiwi without degrade their properties, and an affordable price.

Finally it obtained amount annually of product that is produced and has made budget of cost installation, in which are included all annually expenditures.

Keywords: kiwi juice, Concentration, Clarification, Membranes.

ÍNDICE GENERAL

- DOCUMENTO I: MEMORIA
- DOCUMENTO II: PRESUPUESTO
- DOCUMENTO III: PLANOS

INDICE DOCUMENTO I: MEMORIA

CAPÍTULO I: OBJETIVO

DOCUMENTO I.....	1
1 OBJETIVO.....	1
2 JUSTIFICACIÓN.....	1

CAPÍTULO II: ANTECEDENTES

1 INTRODUCCIÓN.....	3
2 ZUMOS DE FRUTAS.....	3
3 KIWI.....	4
4 TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS.....	6
4.1 Microfiltración.....	9
4.2 Ultrafiltración.....	9
4.3 Nanofiltración.....	11
4.4 Ósmosis Inversa.....	12
4.5 Otros Procesos con Membrana.....	14
4.6 Ventajas e inconvenientes de la tecnología de membranas.....	15
4.7 Uso de membranas en la Industria Alimentaria.....	16

CAPÍTULO III: PROCESO ELABORACIÓN DE ZUMO Y PROCESOS COMBINADOS

5 PROCESO ELABORACION DE ZUMO.....	18
5.1 Elaboración de Zumos mediante procesos convencionales.....	21
5.2 Elaboración de Zumos mediante procesos con Membrana.....	24
5.2.1 Estudios Pervaporación.....	25
5.2.2 Estudios Destilación con membranas.....	25
5.2.3 Estudios Evaporación Osmótica o Destilación Osmótica.....	26

6	PROCESOS COMBINADOS	27
6.1	Elaboración de zumo de naranja.....	27
6.2	Elaboración zumo de uva	28
6.3	Elaboración zumo de piña	30
6.4	Elaboración zumo de kiwi	32
6.5	Conclusión de procesos.....	35
CAPÍTULO IV: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN		
7	DISEÑO DE LA INSTALACIÓN	37
8	CONCLUSIÓN	56
CAPÍTULO V: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		
9	BIBLIOGRAFÍA.....	58

INDICE DOCUMENTO II: PRESUPUESTO

1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	CUADRO DE PRECIOS DE MATERIALES Y EQUIPOS	1
2.1	Reactivos	1
2.2	Materiales auxiliares	3
2.3	Equipo ultrafiltración	4
2.4	Equipo destilación osmótica	5
3	CUADRO DE PRECIOS MAQUINARIA EMPLEADA	5
4	CUADRO DE PRECIOS MANO DE OBRA	6
5	CUADRO DE PRECIO GESTIÓN DE RESIDUOS	7
6	PRESUPUESTO TOTAL.....	7
7	DIAGRAMA DE GANT.....	8

INDICE DOCUMENTO III: PLANOS

MEMORIA

DOCUMENTO I

CAPÍTULO I: OBJETIVO y JUSTIFICACIÓN

1 OBJETIVO

El objetivo de este trabajo final de grado, TFG, consiste en realizar un estudio sobre los diferentes métodos existentes en la industria, para llevar a cabo la clarificación/concentración de zumos.

En el procesado de zumos, mediante clarificación/concentración, hay que decir que hay diferentes métodos para obtenerlos, aunque hay que destacar que actualmente están siendo cada vez más utilizados, siendo primera elección para las empresas, el empleo de membranas para realizar dicho proceso.

Este trabajo se centra en el estudio de la clarificación y/o concentración de zumos sobre una fruta en concreto, el kiwi. Para realizar los procesos de clarificación y concentración del zumo de kiwi, se centrará en realizar técnicas de membranas como medio filtrador.

Según el tipo de zumo que se desee, se procede a realizar la técnica de membrana correspondiente para su obtención. Para ello, el primer paso a efectuar es la elección de la clase de zumo que se quiera obtener, y una vez conocido este dato, se procede a evaluar la naturaleza del líquido obtenido de la fruta, como puede ser la cantidad de sólidos disueltos o peso molecular de las partículas disueltas, entre otras. Además hay que tener en cuenta tanto el pH, como la temperatura. De este modo, una vez estudiados todos los factores, se procede a la elección de la membrana que posea mayor eficacia en la elaboración de dicho zumo.

El objetivo final es la elaboración de un zumo, obtenido a través de clarificación y/o concentración mediante diferentes técnicas de membranas, con el fin de obtener un estudio de las diferentes técnicas de membranas utilizadas para producir el mismo zumo. De este modo, al obtener valores y datos de las diferentes técnicas, se puede saber cuál es la mejor técnica de membrana para efectuar el zumo que se quiera obtener, de la manera más eficaz posible y que mayor rendimiento genere.

2 JUSTIFICACIÓN

El kiwi en España es un fruto muy común en la alimentación de cualquier ciudadano, debido a que hay mucha cantidad de producción. La producción se puede ver favorecida gracias al clima cálido, que es idóneo para su crecimiento. Este fruto se puede obtener durante todo el año y por tanto se puede conseguir en cualquier supermercado, aunque su mayor obtención se produce durante su actividad vegetativa, que es en los meses de verano y los de principios de otoño, es decir, de junio a octubre.

OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN

A pesar de que el kiwi es un fruto muy común en la alimentación española, es bastante difícil encontrar zumos envasados únicamente de este fruto. Por esta razón, se ha decidido realizar el trabajo sobre este fruto.

CAPÍTULO II: ANTECEDENTES

1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad hay multitud de zumos de fruta. La forma de producir zumos ha ido cambiando a lo largo del tiempo, pero siempre tienen la misma finalidad, que es la de obtener la mayor cantidad de zumo de las piezas de fruta, intentando conservar en la mayor medida posible todas las cualidades del fruto, obteniendo un zumo similar al zumo natural obtenido directamente del fruto.

2 ZUMOS DE FRUTAS

Un zumo de frutas, es el líquido extraído a partir de la parte comestible de las frutas, a través de procedimientos mecánicos, normalmente aplicando presión. Para ello, las frutas, siguen un procedimiento concreto en la fábrica, para finalmente obtener el zumo listo para consumir. Son susceptibles de fermentación pero no fermentan, y deben poseer el aroma, el color y el sabor correspondiente a la fruta con la que se ha producido. Hay que destacar que dependiendo del tipo de fruta que se va a utilizar para elaborar el zumo, hay diferentes procesos para su elaboración.

En la actualidad, en el mercado se ha ido manteniendo la tendencia de crecimiento de producción de zumos envasados, debido a este motivo, ha aumentado la competencia de mercado provocando muchas mejoras en el producto ofrecido. Las empresas se han visto obligadas a mejorar la calidad de sus productos, y para ello han tenido que hacer frente a nuevos métodos de obtención que generen mayor rendimiento junto con mayor calidad, sin aumentar mucho la economía de la producción.

Los zumos que pueden existir son de diferentes tipos, entre los que se encuentran:

-Los zumos naturales, son los zumos que se obtienen de forma mecánica a partir de frutos que están limpios, son maduros, y se encuentran en buen estado. A estos zumos se les puede haber realizado un clarificado o no, dependiendo del grado de pulpa que se quiera. Además poseen el color, sabor y el aroma típico del fruto utilizado.

-Los zumos concentrados, son los zumos obtenidos a partir de los zumos naturales, a los cuales se les ha eliminado gran parte del agua que contienen, mediante procedimientos físicos. Estos zumos tienen las mismas características que los naturales, con la única desventaja de que su grado de concentración será inferior al del zumo natural.

-Los zumos y concentrados azucarados, son los que directamente se les ha sido añadido un tipo de los siguientes azúcares: sacarosa, fructosa, dextrosa monohidratada o anhídrica o jarabe de glucosa.

-Néctares, son los productos obtenidos de zumos concentrados o naturales a los que se les ha añadido azúcares y agua. La cantidad de azúcares añadido no podrá superar el 20% de la cantidad total de masa del producto finalizado.

-Néctares y zumos combinados o compuestos, son los obtenidos mediante la mezcla tanto de néctares como zumos entre sí, o entre otros naturales o concentrados, siempre que cumplan con las proporciones.

-Zumos reconstituidos, son los zumos obtenidos de los concentrados, a los cuales se les devuelve el agua y el aroma extraídos anteriormente. Las características de estos zumos son similares a las de los naturales.

El consumo de las diferentes variantes de zumo, depende de diferentes factores como: la economía que se quiera invertir a la hora de consumir, el tiempo que va a estar almacenado para su posterior consumo, la cantidad de sabor y olor natural que se requiera... como se puede observar depende de la utilidad que se le vaya a dar al zumo, se producirá y se consumirá un tipo de zumo diferente (Matta y otros, 2004).

3 KIWI

El kiwi, perteneciente a la familia Actinidiaceae y a la subclase Dileniidae, son frutos que proceden de plantas trepadoras originarias de áreas subtropicales, concretamente de China, pero a día de hoy, a pesar de su origen exótico, se cultiva en muchos países, entre los que se encuentran principalmente Nueva Zelanda e Italia (Luh & Wang, 1984)

Entre los países más productores hay que destacar Italia, que también los exporta, y Nueva Zelanda. La producción mundial de este fruto es de 1.000.000 toneladas, de las cual casi la mitad se produce en Europa.

Esta fruta contiene muchos compuestos químicos de interés como: magnesio, calcio, hierro, fósforo, cobre, además de numerosas vitaminas. Por ello tiene múltiples beneficios, entre los que podemos encontrar: tiene muchos minerales y vitaminas, es baja en calorías, tiene gran cantidad de fibra, ayuda a reforzar el sistema inmunitario (Kvesitadze y otros 2001).

Los kiwis se consideran una de las frutas con más contenido de vitamina C, como se puede observar en la tabla 1, superando de este modo a otras frutas famosas por poseer gran cantidad de esta vitamina, como son los limones o las naranjas. Al poseer esta vitamina, se le considera antioxidante, lo cual reduce el riesgo de padecer muchas enfermedades, como cardiovasculares o degenerativas. Además hay que destacar que resulta una fruta muy

ANTECEDENTES

beneficiosa para personas con problemas en los huesos, como son las personas mayores, y para personas que sufren de diabetes.

Tabla 1. Vitaminas presentes en diferentes frutas.

Fruta	Vit B ₁ (mg)	Vit B ₂ (mg)	Niacina (mg Eq)	Folato (μg)	Vit C (mg)	Vit A (μg Eq)	Vit E (mg)
Aguacate	0,07	0,13	1	8	4	19	2,3
Albaricoque	0,05	0,07	0,6	5	7	27	0,7
Cerezas	0,05	0,06	0,3	8	8	3	0,1
Ciruela	0,07	0,05	0,5	3	3	21	0,7
Fresas	0,02	0,03	0,7	62	60	1	0,2
Kiwi	0,02	0,05	0,6	29,3	94	3	1,2
Limón	0,05	0,03	0,17	7	50	1	0,5
Mandarina	0,07	0,02	0,2	21	35	106	0,22
Manzana (Goldem)	0,04	0,04	0,33	5,8	12,4	4	0,36
Melocotón	0,02	0,04	0,7	3	31	17	0,5
Melón	0,04	0,02	0,6	17	42,2	3,2	0,15
Naranja	0,08	0,04	0,35	38,7	50,6	49	0,21
Pera	0,02	0,03	0,2	3	5,2	0	0,89
Piña	0,07	0,02	0,4	11	20	2	0,1
Plátano	0,05	0,07	0,9	20	11,5	18	0,23
Sandia	0,03	0,02	0,1	4	11	18	0,1
Uvas (blancas)	0,04	0,02	0,3	16	4	3	0,7
Uvas (negras)	0,04	0,02	0,3	26	4	3	0,7

Esta fruta contiene numerosas ventajas, excelentes para la salud, entre las que se pueden destacar (Kassardjian y otros 2006):

- Aumenta las defensas del organismo, favoreciendo la protección contra múltiples enfermedades.
- Reduce el nivel de estrés.
- Tiene propiedades antiinflamatorias, además de actuar con un antialérgico.
- Favorece una buena circulación de la sangre, evitando así enfermedades como la trombosis o angina de pecho.
- Actúa como diurético y favorece el tránsito intestinal.

Por tanto, las principales personas que deberían de consumir kiwi para mejorar su estado de salud son: las personas mayores, los diabéticos, los que posean alguna alergia, fumadores con ausencia de vitamina C y los enfermos a causa de leucemia (Kaur & Kapoor, 2001; Willet, 2002).

4 TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS

Los procesos con membrana consisten en separar en dos fases una corriente. La membrana funciona como una barrera entre los dos fluidos, la cual permite o restringe la transferencia de determinados componentes a través de ella, produciendo dos corrientes, una corriente se correspondería al clarificado, que es el material que consigue pasar a través de la membrana, y la otra corriente correspondiente al concentrado, que es el material rechazado que no consigue atravesar la membrana.

Las membranas para tener una alta efectividad, debe presentar resistencia química a los productos de limpieza y al fluido alimentado, deben poseer estabilidad mecánica y térmica, ser muy selectivas, y poseer una permeabilidad lo más alta posible.

Una de las principales características de estos procesos, es el hecho de que al trabajar con tecnología de membranas, no se necesita la adición de productos químicos.

Los procesos con membranas son utilizados para concentrar y purificar muchas soluciones, además de servir para fraccionar en dos composiciones diferentes un líquido. Para poder producir el paso de masa a través de la membrana tiene que haber una fuerza impulsora, la cual es producida por las especies que se van a separar en relación con el tipo de membrana utilizada. En cuanto a la productividad de las membranas, esta se determina por dos factores, la selectividad y la productividad. (Fuente: Mercè 2005)

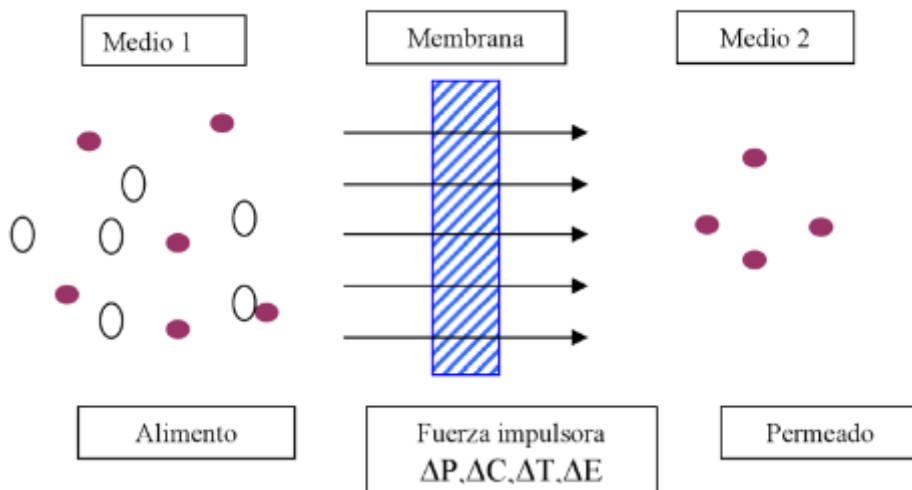


Imagen 1. Esquema funcionamiento de membranas.

Las técnicas de filtración con membrana dependen del tamaño de las partículas que se quieran filtrar. Si se desea clarificar, desinfectar o esterilizar, se aplica la microfiltración o la ultrafiltración. Estos procesos ocurren gracias al principio de porosidad, es decir, mediante la utilización de membranas porosas. Los poros que componen estas membranas, pueden estar

distribuidos en diferentes geometrías, como las que se muestran en la imagen 2. (Fuentes: Christian 1999).

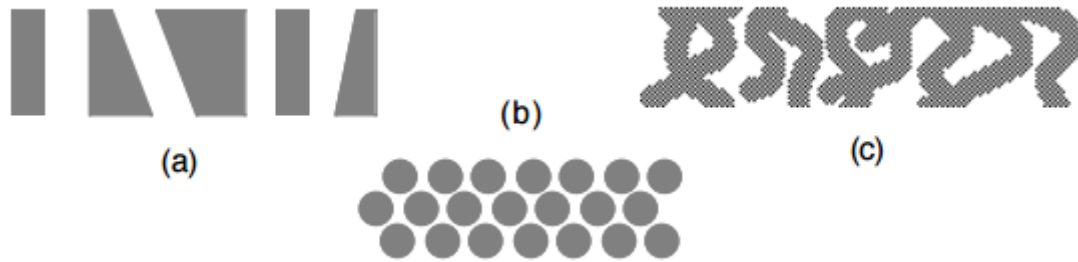


Imagen 2. (a) Geometría en función de la membrana. (b) Geometría con poros cilíndricos. (c) Geometría compleja.

Normalmente en las membranas de ultrafiltración la estructura es asimétrica, mientras que las de microfiltración su estructura es constante en todo su espesor.

En el caso de que se requiera potabilizar o desmineralizar, se usará nanofiltración y en el caso de desalinizar agua, se usará la ósmosis inversa. En estas dos técnicas a diferencia de las dos anteriores, la separación se produce por difusión a través de la membrana, y además requieren una mayor presión de operación (Álvarez y otros, 1998; Todisco y otros, 1998).

Todas estas técnicas se llevan a cabo cuando el líquido que se quiere filtrar circula con una velocidad y de forma permanente sobre una membrana, es decir, se producen con filtración tangencial. En este tipo de filtración el flujo de alimentación está constantemente barriendo la superficie de la membrana, evitando de este modo una acumulación masiva de residuos sobre ella. Un ejemplo del funcionamiento de filtración tangencial se puede observar en la imagen 3.

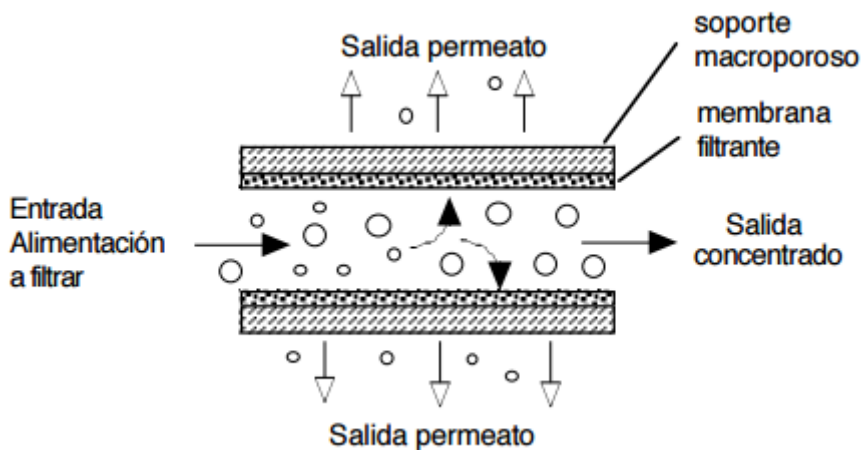


Imagen 3. Esquema funcionamiento filtración tangencial

Esta filtración evita que se produzcan acumulaciones de materia sobre la membrana, y así favorecer a la transferencia de componentes a través de las membranas.

ANTECEDENTES

En la imagen 4 se puede observar la capacidad de cada una de las técnicas de filtración para realizar la separación de componentes. (Fuentes: Jorge 2010).

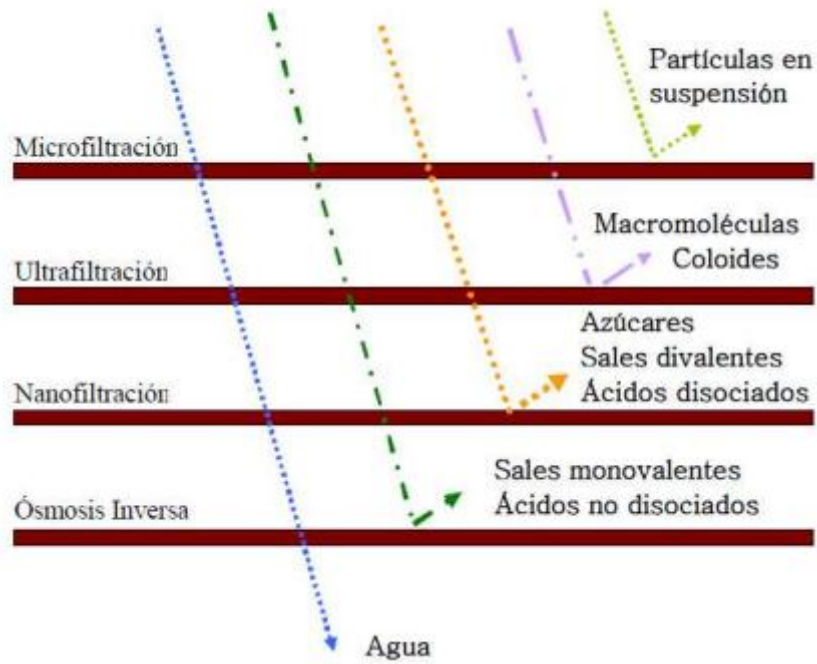


Imagen 4. Capacidad de las técnicas de filtración.

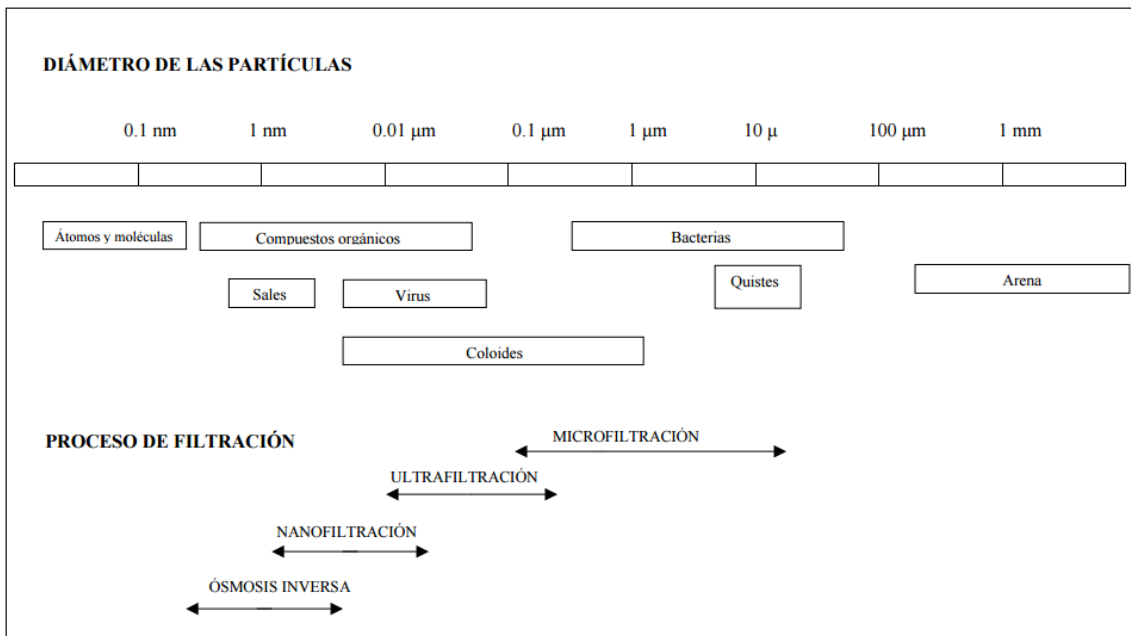


Imagen 5. Alcance de las técnicas de filtración.

4.1 Microfiltración

El proceso de microfiltración consiste en realizar un filtrado mediante el uso de una membrana microporosa, obteniéndose una separación de fase, es decir la separación que se realiza entre la fase dispersada y la dispersante. El tamaño de poro que tienen estas membranas está entre 0.1 y 10 micras. Este proceso se caracteriza por eliminar solamente los sólidos en suspensión, manteniendo los sólidos disueltos en la solución, además no se necesita el uso de presión para trabajar.

Las membranas microporosas pueden clasificarse en cuatro grupos diferentes según su estructura:

- Membranas termoplásticas
- Membranas poliméricas
- Membranas fritadas
- Membranas tipo tamiz

Entre las aplicaciones más comunes de las membranas de microfiltración se encuentran:

- La depuración y tratamientos de aguas.
- En la industria electrónica y farmacéutica para descontaminar líquidos que interesan.
- Para realizar separaciones difíciles en química fina.
- En biotecnología.

4.2 Ultrafiltración

Los procesos de ultrafiltración son similares a los de microfiltración. En este proceso el tamaño de poro de la membrana es inferior al de microfiltración, y oscilan entre 0.01 y 0.1 micras. Por lo tanto, al tener un tamaño de poro menor, estas membranas tienen un mayor poder de filtración en comparación con la microfiltración. Además debido también a la reducción del tamaño de poro de la membrana, en este proceso la presión de operación con la cual se trabaja es mayor que en microfiltración. En este proceso, hay que destacar que los elementos a separar se corresponden a compuestos coloidales que pueden interactuar con el material que constituye la membrana, y no serían partículas como en el caso de microfiltración, obteniendo de este modo una disolución libre de microorganismos (Eykamp, 1995).

Todas las membranas de los procesos de ultrafiltración son de estructura asimétrica, y están compuestas dependiendo de la membrana de una o varias capas. La última capa recibe el nombre de capa activa.

Las membranas de ultrafiltración pueden clasificarse en dos grupos diferentes:

- Membranas orgánicas. Estas membranas se obtienen mediante polímeros homogéneos. En precios de mercado son muy asequibles debido a su facilidad de procesamiento. En cuanto a su poder de resistencia térmica, química y mecánica se destaca que presentan numerosas deficiencias.
- Membranas inorgánicas. Estas membranas económicamente son más caras, pero hay que destacar que presentan ventajas en comparación a las orgánicas, como la resistencia contra agentes químicos muy agresivos. Hay tres tipos de membranas inorgánicas:
 - Membranas metálicas, son las obtenidas mediante partículas metálicas. Su elaboración se produce por la unión de partículas metálicas mediante la aplicación de temperatura o presión.
 - Membranas de vidrios porosos, se obtienen mediante el aumento de temperatura de vidrios, que contengan una cierta cantidad de partículas ácidas y otras básicas, hasta que funde pero sin llevar a cambiar de forma.
 - Membranas cerámicas, son las membranas inorgánicas más utilizadas. Estas membranas están producidas a través de óxidos de titanio, óxidos de zirconio y alúmina. En comparación con las orgánicas, tienen mucho más lisa su superficie favoreciendo de este modo una menor cantidad de suciedad retenida.

En cuanto a las aplicaciones más comunes de las técnicas de ultrafiltración se pueden encontrar las siguientes:

- Tratamientos de aguas produciendo aguas potables.
- Tratamientos de efluentes industriales.
- Pretratamientos de ósmosis inversa y nanofiltración.
- Tratamientos agroalimentarios.
- Bioquímica.

4.3 Nanofiltración

La nanofiltración es un proceso situado entre la ultrafiltración y la ósmosis inversa, cuyas dos características principales son:

- La estructura de la membrana microporosa tiene una circunferencia de poro que oscila entre 0.01 y 0.001 micras.
- Puede utilizar membranas que poseen algunos materiales cargados eléctricamente o utilizar membranas eléctricamente neutras.

La nanofiltración se utiliza para filtrar soluciones que contengan baja cantidad de sólidos disueltos, ya que es capaz de realizar la eliminación de la materia orgánica sintética y natural, de microcontaminantes, de iones multivalentes, y algunas sales univalentes.

Estas membranas no tienen únicamente la función de realizar una separación física de contaminantes, sino que además realizan una separación química separando los iones que pueda contener la solución. La cantidad de concentración que contiene la solución influye en la retención de iones monovalentes, mientras que no influye en la retención de iones bivalentes.

Las membranas utilizadas para nanofiltración se caracterizan por la gran selectividad que poseen para separar iones multivalentes y monovalentes, así como moléculas de la misma medida.

En referencia a las membranas eléctricamente neutras, poseen una estructura formada por compuestos orgánicos, cargados de forma positiva y negativa, dando a la membrana un carácter anfótero, es decir que según la sustancia a reaccionar, actuará como un ácido o una base. Por tanto en esta membrana los compuestos orgánicos son retenidos, mientras que los electrolitos disociados pueden pasar a través de ella. En la imagen 6 se observa el funcionamiento de la membrana. (Fuentes: Christian 1999).

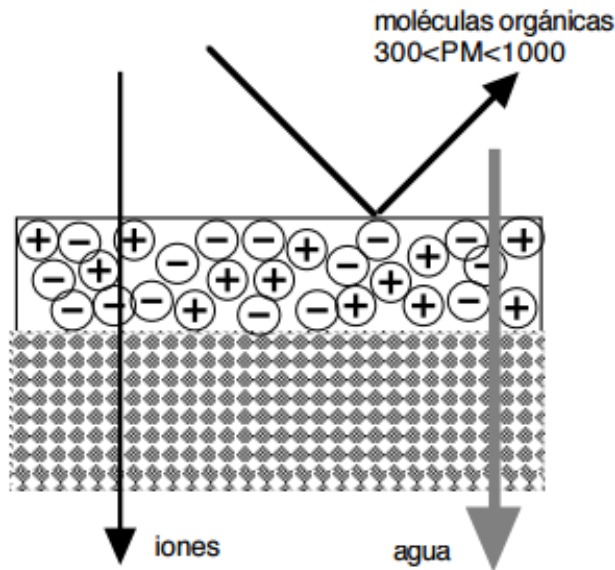


Imagen 6. Funcionamiento de membrana anfótera de nanofiltración.

Las aplicaciones más destacadas donde se utilizan las técnicas de nanofiltración son:

- Se utiliza en tratamientos de aguas
- Se utiliza en tratamientos de efluentes industriales
- Realizar separación de sales y moléculas orgánicas.

4.4 Ósmosis Inversa

El proceso de ósmosis y ósmosis inversa se produce en un medio que está compuesto por dos compartimentos y una membrana, cuyo tamaño de poro oscila entre 0.001 y 0.0001 micras. Un compartimento estará compuesto por la solución concentrada y el otro por un solvente, la mayoría de las veces se usa agua.

En el proceso de ósmosis el flujo de solvente o agua, pasa a través de la membrana al otro compartimento gracias a la presencia de un gradiente de concentración. Es decir se producirá un flujo desde el compartimento con menor concentración hacia el de mayor concentración.

El proceso de ósmosis inversa consiste en realizar justo lo contrario. Mediante la aplicación de una presión mayor a la presión osmótica en la disolución con mayor concentración, se produce un flujo desde el compartimento más concentrado hacia el menos concentrado. Este flujo que pasa a través de la membrana solo contiene agua, de modo que mediante este proceso se está aumentando el nivel de concentración de la disolución concentrada.

En la imagen 7 se muestra el funcionamiento de realizar un proceso de ósmosis y un proceso de ósmosis inversa.

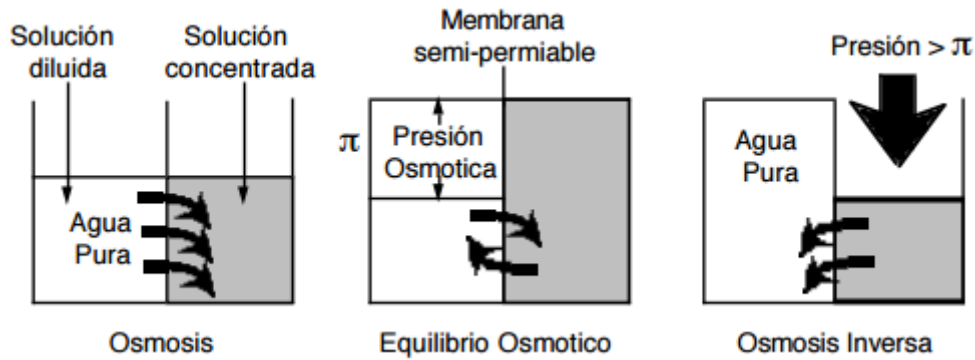


Imagen 7. Proceso de ósmosis y ósmosis inversa.

Lo primero que se realiza en ambos procesos antes de comenzar, es elegir la membrana adecuada teniendo en cuenta la disolución con la cual se va a trabajar y fijar unas condiciones de trabajo que mantengan constante, el mayor tiempo posible, un rendimiento óptimo, con una buena selectividad y alta permeabilidad.

En cuanto a los tipos de membranas hay multitud para realizar ósmosis inversa, pero las que se comercializan principalmente son:

- Membranas en poliamida.
- Membranas de acetato de celulosa.
- Membranas de polifulsona.
- Membranas compuestas.

En la tabla 2 se proporcionan las principales membranas de ósmosis inversa, donde se puede observar a parte del tipo de membrana, el fabricante o el nombre comercial. (Fuentes: Christian 1999).

Tabla 2. Membranas principales ósmosis inversa.

Tipo	Material	Fabricante	Nombre Comercial	Módulo
Asimétrica un sólo polímero	Acetato de celulosa	UOP (USA) Osmonics (USA) Envirogenics (USA) Nitro (Japón) Kobe Steel (Japón)	Roga Sepa --- 1500 ---	Espiral Espiral Espiral Tubular Fibras Huecas
	Di/triacetato de celulosa	Dow Chem (USA) Hydranautics (USA) Toyobo (Japón) DDS (Dinamarca) Wafilin (Países Bajos)	Dowex --- Hollosep C-A WFR	Fibras Huecas Espiral Fibras Huecas Plano Tubular
	Poliamida aromática	Du Pont (USA) DDS (Dinamarca)	Permasep HMX	Fibras Huecas plano
	Polibencimidazol	Celanese/Osmonice USA	---	---
	Polibencimidazolona	Teijin (Japón)	---	Tubular
Compuesta, soporte de polisulfona en casi todos los casos	Poliamida	Filmtec (USA)	FT 30	Espiral
	Poliamida	UOP (US)	PA 300	---
	Polifurano/Cianurato	Toray (Japón)	PEC 1000	Espiral
	Poliurea Polieter	UOP (USA)	RC100	---
Compuesta	Otras	Desalinación (USA) Hydranautics (USA) Nitro (Japón)	---	---
Dinámica, soporte Inox	Poliacrilamida/Zirconio	Carre (USA)	Zopa	Tubular

Las principales aplicaciones de las técnicas de ósmosis inversa son utilizadas para (Jiao y otros 2004; Merson y otros 1980):

- Para desalinizar aguas salobres o aguas marinas.
- Para producir agua ultra pura que tiene gran importancia en muchas aplicaciones del sector industriales.
- Para multitud de procesos en la industria agroalimentaria, como por ejemplo, fabricación de féculas de patata, concentradas de zumos de frutas, preconcentradas de suero lácteo, etc...

4.5 Otros Procesos con Membrana

Hay otros procesos en los que también se usan membranas y normalmente son utilizados para separar componentes de mezclas líquidas y de carácter orgánico. Estos procesos son la pervaporación, la destilación por membranas y la evaporación osmótica, también llamada destilación osmótica (Petrotos, 2001). Si son comparados con otros procesos que también

usan membranas, estos consiguen alcanzar un mayor grado de concentración. Su funcionamiento se basa en la producción de un cambio de fase de líquido a vapor, llevando a cabo de este modo la separación de los componentes de interés. Este cambio se produce a una temperatura cercana a la ambiental y a presión atmosférica. De estos tres procesos, hay que destacar una particularidad que diferencia la evaporación osmótica de los otros dos procesos, y es que para poder efectuar la separación correctamente, es necesario el uso de una membrana hidrofóbica además de una solución concentrada de sal (Sur, Dagli, 2008), es decir una solución osmótica.

La pervaporación es un proceso de separación a través de una membrana no porosa, donde se consigue separar una corriente de una fase líquida a una gaseosa gracias al aporte de energía. El vapor es condensado y recogido como líquido, de este modo se consigue separar una corriente en dos. Este método es mejor que la destilación, ya que necesita menos cantidad de energía para realizar esta operación.

La destilación por membranas es similar a la pervaporación. Realiza el paso de una fase líquida a una vapor por medio de una membrana gracias al aporte de energía y a producir vacío en el lado de vapor, o reduciendo la presión (Francisco y otros, 2002). De este modo el punto de ebullición baja y puede pasar la corriente a separar por la membrana.

La evaporación o destilación osmótica realiza la misma función, consigue hacer pasar una corriente líquida en forma de vapor por una membrana. La diferencia que este proceso usa una membrana hidrofóbica y una disolución salina, que hace licuar el vapor que ha conseguido atravesar la membrana.

Estos procesos se aplican para conseguir realizar la concentración de zumos de frutas, ya que son capaces de recuperar compuestos muy beneficiosos de las frutas, como por ejemplo compuestos aromáticos (Maccarone y otros, 1996).

4.6 Ventajas e inconvenientes de la tecnología de membranas

En la actualidad, está siendo utilizada cada vez más la tecnología de membranas para efectuar procesos de separación. Estos procesos en comparación con procesos convencionales donde no se utilizan membranas tienen una serie de ventajas, entre las que destacan:

- Un consumo de energía reducido, debido a que el único gasto de energía es para bombear las sustancias.
- No utilización de compuestos químicos ajenos a la disolución a tratar.
- Se pueden combinar los procesos para obtener un mayor rendimiento.
- Unas condiciones de operación suaves. Por ejemplo, no es necesario el uso de elevadas temperaturas para realizar el proceso.

- La posibilidad de ajustar la producción al tratarse de equipos modulares adaptables.
- Sus usos son muy variables, ya que se pueden utilizar para multitud de aplicaciones diferentes.
- Los equipos suelen ser de tamaño reducido y por tanto facilita la instalación del montaje.
- Permite realizar la separación de forma continua.

Pese a la gran cantidad de ventajas que posee la utilización de tecnología de membranas, hay que destacar que también tienen una serie de desventajas, entre las que se encuentran:

- La utilización de membranas inorgánicas tiene un coste elevado.
- Pérdida de rendimiento debido al ensuciamiento de las membranas, afectando considerablemente a sus propiedades y reduciendo su vida útil.
- Necesidad de limpieza de las membranas.

4.7 Uso de membranas en la Industria Alimentaria

En la industria alimentaria, los procesos usados con membranas son cada vez más utilizados, concretamente en la producción de cualquier bebida, como pueden ser zumos, cerveza, vino o lácteos y en la industria cárnica.

Los principales motivos por los que se están comenzando a usar, cada vez con mayor frecuencia en la industria alimentaria, son la aportación de una mayor calidad a los productos, generación de una reducción de costes durante la producción, automatizar procesos y conseguir un aumento del rendimiento.

Las membranas más utilizadas en la industria alimentaria son las de ultrafiltración y las de microfiltración, debido a que proporcionan una idónea desinfección y esterilización de los sistemas donde los alimentos son manipulados, y además permiten trabajar con temperaturas elevadas, manteniendo todas las propiedades, como el olor, textura, color o sabor.

Estos procesos, que utilizan membranas, intentan alcanzar una serie de características deseables, entre las que destacan: conseguir la cantidad de separación que se ha planteado inicialmente de forma rápida y constante, aguantar operaciones de desinfección y limpieza y tener un tiempo de vida largo en las condiciones a las que se requiere trabajar (Brennan, y otros, 1998).

En el caso de los zumos la aplicación de las técnicas de membrana se utiliza en los procesos de clarificación o de concentración. La clarificación en zumos se lleva a cabo a través de los procesos de ultrafiltración y microfiltración, y se realiza para dar claridad a algunos zumos y para separar la pulpa del zumo. Cuando se quiere realizar zumos concentrados, se

combinan los procesos con membranas, como puede ser microfiltración y osmosis inversa, conservándose de este modo las propiedades del zumo, asemejándose a un zumo de fruta fresca (De Barros y otros 2003)

En la producción de cerveza, al ser una de las bebidas más consumidas y comercializadas por todo el mundo, también se hace uso de la tecnología de membranas. Hay procesos durante su fabricación que requieren filtraciones, dando paso a procesos de membranas como la microfiltración.

En la fabricación de vino también se han introducido las tecnologías con membranas, debido a su bajo coste de operación. Se hace uso de estas técnicas para llevar un control de los microorganismos que posee el vino embotellado. Se utilizan para tratar vinos que tienen una turbidez elevada, de modo que se filtran sin que se produzca pérdida de las características del vino, ni su calidad.

Además de estas bebidas, el sector lácteo es el que mayor uso hace de las tecnologías de membranas. El uso de las membranas en este sector es para realizar la eliminación de microorganismos que posee la leche con el fin de esterilizarla para producir diversidad de productos. Estas técnicas son una alternativa a los tratamientos térmicos, ya que disminuyen el coste de la producción, realizando una pasteurización en frío.

En conclusión la tecnología de membranas en el campo alimentario tiene numerosas ventajas en comparación con otras técnicas convencionales. Una de ellas es que se puede utilizar esta tecnología de separación con unas temperaturas normales, es decir a temperatura ambiente. Por lo que favorecen a la calidad del producto final, ya que hay muchos productos que son sensibles a la temperatura. También otra de las ventajas que ofrecen es la reducción de la mano de obra, de los costes de producción y de mantenimiento.

CAPÍTULO III: PROCESO ELABORACIÓN DE ZUMO Y PROCESOS COMBINADOS

5 PROCESO ELABORACION DE ZUMO

El proceso para elaborar un zumo de cualquier fruta en una fábrica, depende primero del tipo de fruto a utilizar, y segundo del tipo de zumo que se quiera producir. En el caso de este estudio, el proceso de producción se centrará en la elaboración de zumos concentrados mediante la utilización de membranas. Hay que destacar que para elaborar zumos concentrados hay otros métodos diferentes, pero como se ha comentado anteriormente, en este estudio se llevará a cabo el elaborado a través de membranas.

Debido a la gran cantidad de producción de kiwi, además de ser un fruto muy favorable para la salud por sus buenas características, se ha elaborado un proceso para producir zumo de kiwi. También hay muchos zumos que contienen kiwi junto con otras frutas, aunque en este caso, el proceso se va a centrar en la producción de zumo de kiwi que producen las industrias, mediante procesos de clarificación y concentración. Este zumo es producido por la industria, la cual lo comercializa, mediante un proceso concreto, aunque depende del tipo de fábrica, pueden variar algunos pasos, pero generalmente el proceso de fabricación de zumos se puede observar en la imagen 8, donde está representado su diagrama de flujo. (Fuente: Mejores Técnicas Disponibles.)

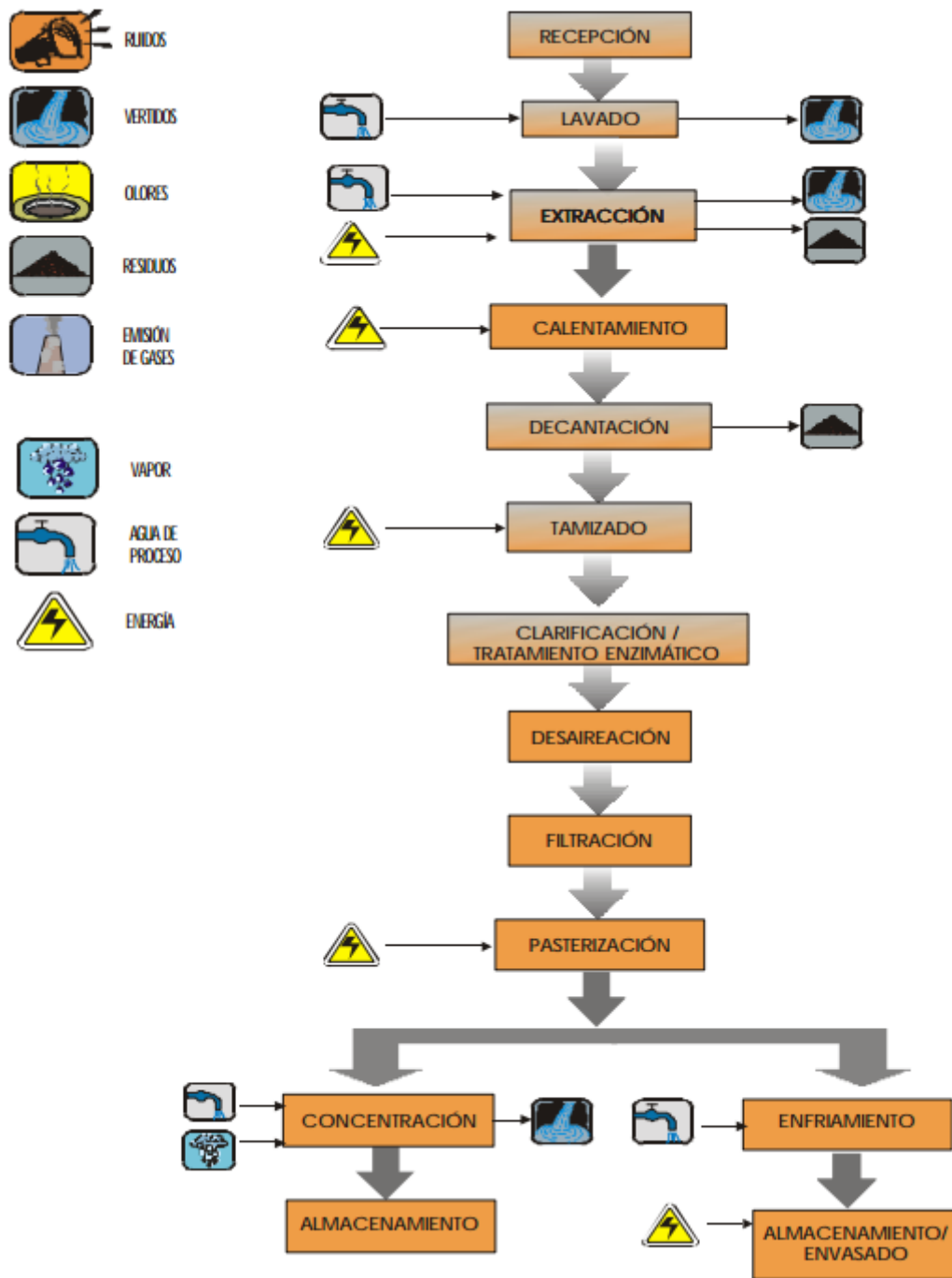


Imagen 8. Diagrama de flujos de elaboración de zumos

El proceso de elaboración de zumo comienza con la recepción y la limpieza de la fruta, de este modo se consigue eliminar las impurezas orgánicas o inorgánicas que pueda poseer. Una vez realizada la limpieza, se efectúa las fases de deshuesado y pelado para continuar con el proceso de trituración. La trituración se puede realizar con un precalentamiento previo o no. Cuando se ha efectuado la trituración, mediante prensado o tamizado se extrae el zumo de la fruta. Cuando se obtiene el zumo con gran cantidad de partículas en suspensión, se procede a refinarlo a través de la fase de decantación, clarificación y/o filtración. Por último, para eliminar todos los microorganismos y favorecer una buena conservación del zumo obtenido, se

realiza la fase de desaireación y pasteurización. A partir de este paso, depende del zumo que se quiera producir, el zumo puede ser refrigerado para su posterior envasado, o puede pasar a una fase de concentración.

A continuación se explica paso a paso el proceso de obtención de zumos:

En la etapa de lavado hay que optimizar al máximo el consumo de agua. Para ello, antes de iniciar el lavado con agua, es conveniente si la materia prima lo permite, realizar una limpieza en seco para eliminar las partículas más grandes y pesadas, como por ejemplo mediante el uso de cepillos, cintas vibrantes, corrientes de aire, etc. De este modo, se reduce la cantidad de agua residual y los residuos originados por la limpieza son más fáciles de gestionar al contener menor cantidad de humedad. La limpieza con agua debe realizarse, siempre que sea posible, con duchas de lavado, debido a que consumen menor cantidad de agua y se produce menor cantidad de agua residual.

Para realizar la extracción del zumo de una fruta se utilizan gran variedad de equipos, aunque depende de la fruta con la que se va a trabajar se utilizan unos equipos específicos y otros, es decir dependen de la materia prima a procesar. La extracción se puede realizar en dos operaciones, primero la extracción y luego el tamizado, o directamente en una única operación donde se produce la extracción y tamizado conjuntamente. En la extracción, para evitar posibles efectos en el medio ambiente, se intenta que los residuos generados tengan la menor cantidad de humedad posible, además de disminuir la cantidad de vertidos producidos por la limpieza de los sistemas de trabajo. En cuanto a los residuos generados durante el tamizado, hay que destacar que son utilizados por industrias agroalimentarias para generar subproductos.

La decantación consiste en eliminar todas las partículas en suspensión, evitando la turbidez del zumo una vez extraído. Esta operación se realiza a zumos que requieren un alto grado de transparencia para su comercialización.

La etapa de clarificación consiste en eliminar partículas disueltas en el zumo, favoreciendo de este modo una mejor filtración. La clarificación se puede efectuar primero por medio de centrifugas para después realizar el filtrado, o se puede realizar simultáneamente con el filtrado, mediante el uso de tecnología de membranas.

En la desaireación, mediante aplicación de vacío, se eliminan gases que pueda poseer el zumo, como puede oxígeno o dióxido de carbono. De este modo se favorece el aroma, el sabor, y se reduce la cantidad de espuma que se pueda producir durante su envasado.

El proceso de pasteurización se efectúa para favorecer su conservación. Este proceso consiste en calentar el zumo a una determinada temperatura durante un tiempo variable, y se puede realizar directamente sobre el zumo, o sobre el zumo una vez envasado. Durante esta etapa se utiliza gran cantidad de energía, de modo que el uso de sistemas de recuperación de calor produce ahorros importantes. Para llevar a cabo la pasteurización se puede utilizar un intercambiador de placas, en caso de ser un zumo sin pulpa, o un intercambiador tubular concéntrico con recuperación de calor, utilizado para zumos con gran cantidad de pulpa.

La etapa de concentración consiste en llevar a cabo la desactivación de todas las enzimas, además de la eliminación de todos los microorganismos y de gran cantidad de agua que contiene el zumo obtenido de la extracción de la fruta, mediante procedimientos físicos, para finalmente evaporarlo mediante unas etapas de evaporación, obteniendo un concentrado que después es enfriado y almacenado. Los zumos obtenidos por concentración están mayoritariamente formados por agua, entre un 70-95%, mientras que el resto son concentrados de frutas. Para obtener dichos concentrados hay dos tipos de procesos diferentes:

-Proceso sin membrana, entre los que se pueden encontrar la evaporación y la crioconcentración (Pinto y otros 1999)

-Procesos con membrana, los cuales se efectúan con una membrana como medio de separación. En estos procesos se pueden destacar las técnicas de filtración, las cuales son: microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración, ósmosis inversa y otros procesos.

Normalmente las técnicas más utilizadas por la industria son la evaporación y las técnicas por membranas, debido a que suponen un menor gasto económico durante la producción.

Estos procesos para la industria tienen un gran interés, se pueden utilizar para realizar otros productos de frutas que no sean zumos, como pueden ser helados, gelatinas, siropes, etc. Además hay que destacar que los concentrados son microbiológicamente más estables que los naturales, ya que tienen menor cantidad de agua y por tanto los microorganismos tienen menor rango de actuación. También hay que remarcar que ocupan menos espacio en cuanto al almacenamiento, y por tanto se reduce tanto el precio del transporte como del manejo. Y por último, debido a su posibilidad de tener mayor contenido de azúcar, los concentrados pueden aguantar más tiempo almacenados en un lugar sin refrigeración.

La elaboración de zumos concentrados obtenidos de frutas, ya sea mediante procesos convencionales o con membranas, proviene de la antigüedad, de modo que han ido evolucionando, hasta llegar a la industria alimentaria, donde se pueden diferenciar muchos tipos de procesos para llegar a una misma finalidad, que es la de remover de forma selectiva una cierta cantidad de agua que proviene del zumo original, aplicando al sistema una cantidad de energía, de modo que se obtiene una parte constituida por el solvente, que está en estado líquido, y otra parte constituida por el producto concentrado, siempre en estado líquido y cuyo apariencia y gusto es prácticamente igual al zumo original.

5.1 Elaboración de Zumos mediante procesos convencionales

Los procesos sin membrana son tratamientos térmicos, entre los que se encuentran la evaporación y la crioconcentración (Ruíz y otros 2008). Estos tratamientos se efectúan a los zumos obtenidos de las frutas con la finalidad de eliminar gran cantidad de agua y para producir esterilidad comercial. Una de las desventajas de estos procesos es la degradación que pueden sufrir las sustancias nutritivas, debido a los tiempos y temperaturas de procesamiento.

Es decir, durante la transformación industrial, algunas características que determinan la calidad del concentrado pueden sufrir degradación por daño térmico o por presencia de oxígeno.

Estos tratamientos, en muchas ocasiones, producen un producto final que no se tiene nada que ver con la fruta de la que proceden, debido a que pueden producir deterioro del aroma, sabor o color, además del contenido nutricional a causa del calor. Además hay que destacar, que son procesos que duran un cierto tiempo en realizarse, llegando incluso a la necesidad de la utilización de coadyuvantes de filtración y un equipo muy sofisticado, llegando a necesitar funcionar en varias etapas produciendo un mayor aumento de energía y provocando de este modo, un aumento de precio en la producción. Hay que precisar que hay varios tipos de concentradores entre los que se encuentran: evaporadores a vacío, evaporadores de efectos múltiples, evaporador de cassetes y recompresión de vapor. La función de estos evaporadores, es eliminar, mediante calentamiento del productor, el agua que contiene el zumo por evaporación. Los evaporadores más efectivos son los de múltiple efecto, pero su elección dependerá de las propiedades del zumo de frutas a tratar. En las imágenes siguientes se muestran algunos tipos de evaporadores con los que se trabaja en la industria. (Fuentes: Mejores Técnicas Disponibles).

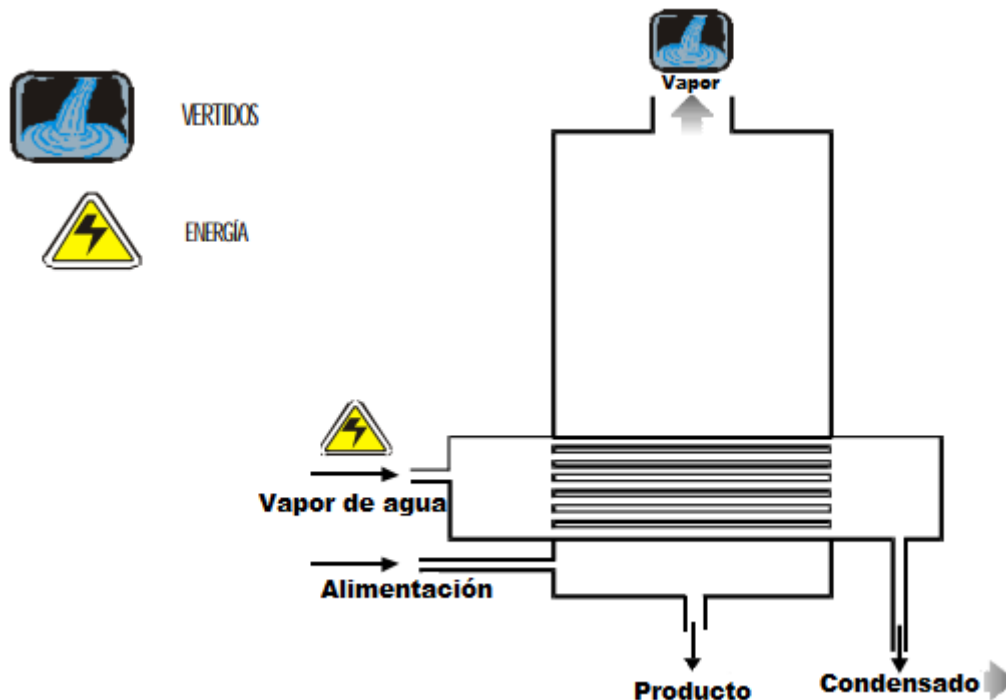


Imagen 9. Evaporador a vacío.

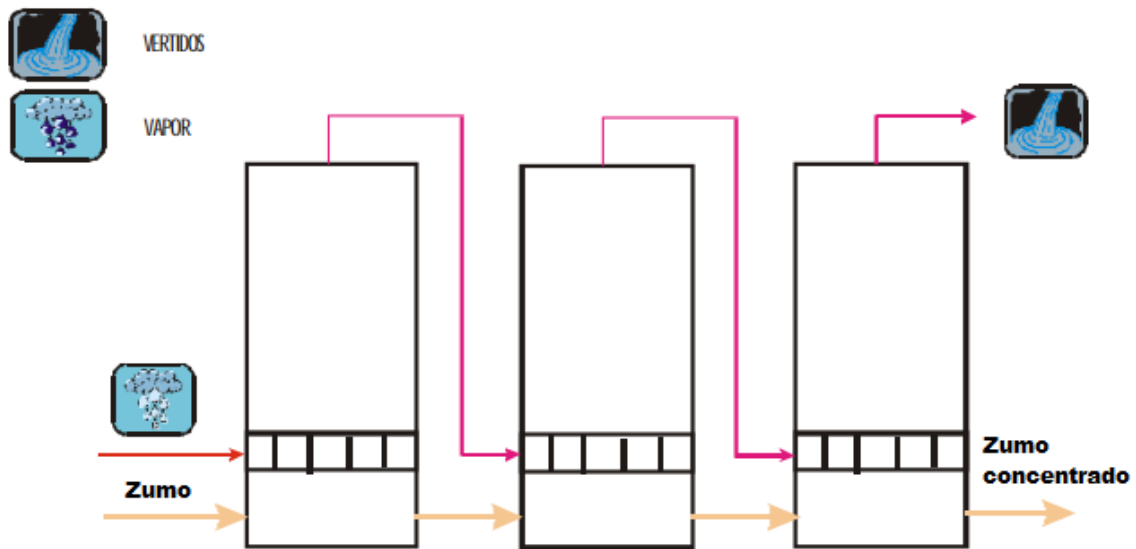


Imagen 10. Evaporador efecto múltiple.

Debido a los problemas térmicos de los evaporadores, aparece otra técnica, la crioconcentración, utilizada en zumos que tienen facilidad para la degradación durante la concentración. En esta técnica, el agua que contienen los zumos de frutas comienza a cristalizar a medida que va bajando la temperatura, y conforme comienzan a cristalizar, mediante centrifugación se eliminan los cristales formados, se puede observar el funcionamiento en la imagen 11. Repitiendo este proceso varias veces se consigue concentrar el zumo de frutas, aumentando el contenido de sólidos que posee (Cassano y otros 2004). Este proceso tiene algunas desventajas entre las que se encuentran:

- La formación de hielo, hace perder eficiencia al proceso. Debido a esto se produce la pérdida de algunos componentes encargados de proporcionar olor o sabor.
- Este proceso consume gran cantidad de energía.
- Las disoluciones que se obtienen mediante este proceso, debido al arrastre de los cristales, contienen gran cantidad de sólidos solubles.

El producto obtenido mediante este proceso alcanza los estándares más elevados, pero debido a la gran cantidad de energía que requiere, su utilización es muy limitada.

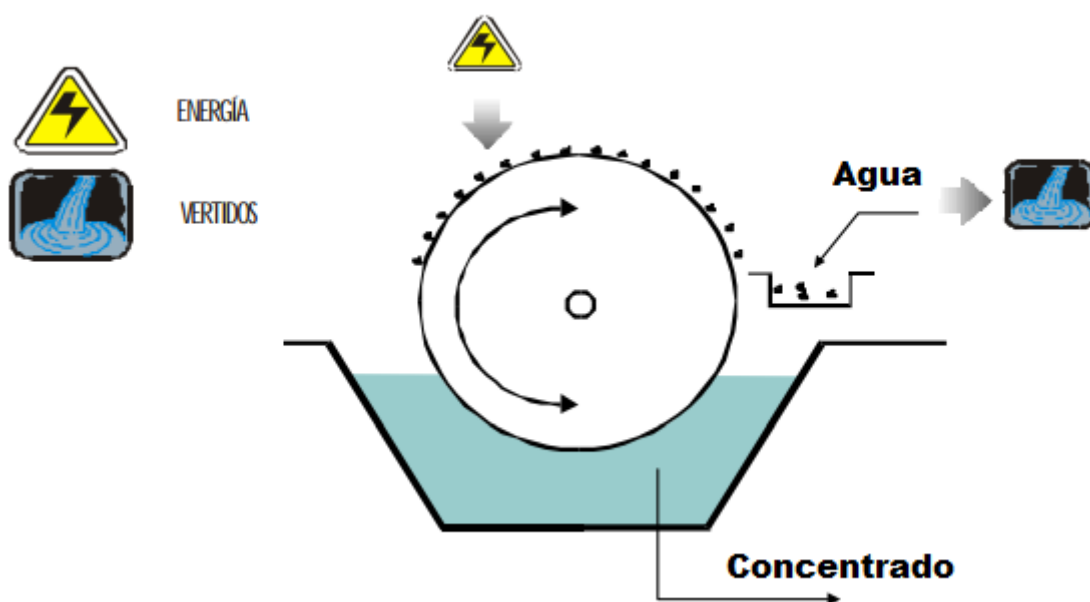


Imagen 11. Crioconcentración

Informes y estudios realizados por las empresas de estas dos técnicas sin membranas, afirman que la utilización de evaporadores es energéticamente más bajo y por lo tanto al suponer una menor inversión, es mejor que la utilización de crioconcentradores.

5.2 Elaboración de Zumos mediante procesos con Membrana

En la actualidad para realizar tratamientos de zumos de frutas son muy utilizados los procesos con membrana. Hay estudios e investigaciones en los que se realiza una comparación entre procesos con membrana y sin membrana, en ellos, como se ha dicho anteriormente, se observa que los procesos con membrana aventajan a los procesos sin membrana, debido al menor coste que suponen y a la utilización de menores temperaturas, las cuales pueden provocar degradación en características del zumo.

Debido a las exigencias del consumidor por obtener zumos que parezcan recién confeccionados, la industria al obtener solamente desventajas en las técnicas de evaporación, intenta desarrollar otras técnicas de manera que no se alteren las características del zumo. Por ello surgen nuevas técnicas para realizar la concentración, mediante congelación, sublimación y a través de la utilización de membranas. Después de realizar numerosos estudios, se llega a la conclusión de que la utilización de membranas es la mejor técnica. Dentro de la utilización de membranas hay que destacar diferentes tipos de técnicas, entre las que se encuentran, como ya se han citado anteriormente las siguientes: microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración y ósmosis inversa, que son las utilizados normalmente para elaboración de zumos, y también se pueden encontrar otras técnicas menos utilizados, como son: pervaporación, destilación por membranas y evaporación o destilación osmótica (Barbe y otros

1998). Aunque hay que destacar que estas técnicas tienen una desventaja respecto a las convencionales, y es el ensuciamiento de la membrana, que debido a la acumulación de partículas en la superficie, provoca la pérdida de eficacia. A causa de estos problemas, se realizaron estudios con gran cantidad de zumos de fruta diferente, con el objetivo de superar dicho inconveniente. En todos los estudios en los cuales el rendimiento obtenido era bueno, combinan el uso de pretratamientos enzimáticos con el uso de procesos con membranas, impidiendo de este modo un rápido ensuciamiento de la membrana con la que se trabaja.

Se realizaron muchos estudios aplicando solo una membrana (Youn y otros 2004), aunque también se realizaron estudios aplicando un acoplamiento de varios procedimientos de membranas con enzimas, como por ejemplo ultrafiltración para clarificar y ósmosis inversa para concentrar (Koroknai y otros 2008). Los resultados obtenidos muestran que la combinación de tratamientos de membranas junto con enzimas, aumenta el flujo de permeado considerablemente, aproximadamente un 50%, manteniendo todas las características nutricionales del zumo de frutas. A continuación se muestran algunos estudios donde se efectúan varios procedimientos con membranas:

5.2.1 Estudios Pervaporación

- Se ha realizado un estudio de pervaporación en un zumo de frutas, en el que se ha obtenido el grado de enriquecimiento mediante una valoración de la temperatura en dos membranas diferentes. La pervaporación es una alternativa muy buena para concentrar componentes aromáticos de dicha fruta, sin causar daños ambientales. Los resultados obtenidos del estudio, muestran que con la utilización de un tipo de membrana a la misma temperatura de trabajo, los datos de enriquecimiento son mucho menores que con la otra membrana. Por lo tanto, para realizar de la forma más eficaz posible una pervaporación, hay que elegir la membrana correcta.

- Hay otro estudio, en el cual se obtiene un nuevo método para obtener un producto final mejorado en cuanto a componentes sensoriales. En este estudio se utilizan diversos procesos con membranas que requieren efectuarse de forma continuada. La producción consiste en aplicar primero que todo, un tratamiento de enzimas en el reactor donde se encuentra la membrana, a continuación, realizar ósmosis inversa, así se efectúa la concentración sin tener pérdidas de ningún tipo por la temperaturas, seguidamente se realiza la pervaporación, para aumentar la calidad sensorial en el concentrado, y por último se realiza una evaporación convencional de forma que se alcanza la concentración deseada (Figoli y otros 2010).

5.2.2 Estudios Destilación con membranas

- El estudio realizado de destilación con membrana se hace al vacío, de forma que se pueden estudiar el factor de la concentración a diferentes temperaturas, y su velocidad. Para ello en

este ensayo se fijan unos determinados componentes aromáticos del zumo, y se observa que conforme aumenta la velocidad y disminuye la temperatura, aumenta el factor de concentración. El factor de concentración obtenido es bastante elevado, además de utilizar menos cantidad de energía y generar menor daño al producto, por todo esto, se considera un proceso que puede competir con el de evaporación convencional.

- Hay otro estudio realizado a través de destilación por membrana junto con otros procesos de concentración con membrana. El proceso consiste en realizar una ultrafiltración para realizar una clarificación, y a continuación realizar a dicho clarificado una destilación por membrana y finalmente introducirlo en un acople de destilación osmótica, el cual es utilizado para concentrar totalmente el clarificado del zumo. Los resultados obtenidos de dicho estudio muestran que se alcanza una misma concentración, pero con una temperatura inferior a la de la evaporación convencional. En cuanto a las propiedades sensoriales y nutricionales, los obtenidos mediante este método, son similares a los del zumo natural, en cambio los obtenidos mediante evaporación convencional pierden muchas propiedades. Y por último, en este estudio se observa que el acople de destilación osmótica y con membrana, son los que mejor rendimiento dan en comparación con los otros procesos con membrana, ya que al necesitar menor temperatura y requerir menos tiempo para realizar el proceso, retienen mayor cantidad de propiedades aromáticas (Bagger-Jorgensen y otros 2004).

5.2.3 Estudios Evaporación Osmótica o Destilación Osmótica

-Con este proceso, se realiza un estudio cuya finalidad es alcanzar una concentración deseada del zumo de frutas. Para ello, primero se realiza una microfiltración obteniendo de este modo un clarificado, y a continuación usando diferentes condiciones de operación, se estudian diferentes parámetros del concentrado como: los sólidos solubles, su aspecto, su olor y la cantidad de vitamina que contiene. El resultado obtenido es la de un zumo que inicialmente pierde características aromáticas y vitaminas, pero que al finalizar el proceso mantiene todas sus propiedades iniciales, incluso presentando algunas mejoras referidas al sabor y al aroma.

- Se realiza otro estudio en el que se compara la evaporación o destilación osmótica con la destilación por membrana. Los factores que se tratan son la cantidad de flujo de agua usado y la cantidad de aroma retenidos. Este estudio consiste primero en realizar el proceso con soluciones modelo, y después realizar el mismo proceso pero con el zumo de frutas a tratar, de modo que se puedan observar las diferencias. En la primera parte con soluciones modelo, cuando se usa destilación por membranas el flujo de agua usado es menor que en evaporación. Pero cuando se usa evaporación osmótica, a diferencia de destilación por membranas, se produce un aumento del aroma retenido conforme aumenta el flujo de agua. Al finalizar el estudio, se llega la conclusión que para concentrar soluciones modelo, es mejor utilizar la evaporación osmótica. Aunque cuando se utiliza para concentrar zumos de fruta, se produce una pequeña pérdida de eficacia causada por la presencia de pulpa, que provoca una mayor resistencia en el flujo (Cisse y otros 2005).

6 PROCESOS COMBINADOS

Hay multitud de procesos para realizar la elaboración zumos, pero estos varían dependiendo de la fruta escogida para realizar el zumo. Depende del tipo de fruta escogida, las técnicas para clarificar y/o concentrar pueden variar debido a las características de la materia prima utilizada, por ello a continuación se muestran diversos procesos de elaboración de zumos compuestos por diferentes frutas, donde se puede observar las diferencias en las técnicas utilizadas.

6.1 Elaboración de zumo de naranja

Para realizar la elaboración de un zumo de naranja de elevada calidad, se debe de utilizar materia prima de calidad y en buenas condiciones. Una vez se dispone de la materia prima, se puede comenzar a ejecutar la producción. El primer paso que hay que realizar es el lavado de las naranjas mediante procesos mecánicos, de modo que se elimine el aceite, residuos procedentes de insecticidas, bacterias superficiales e incluso posible suciedad adherida que pueda contener la cascara. A continuación, la materia prima limpia es llevada a través de unas cintas transportadoras, a unos extractores situados en línea para realizar la extracción del zumo. En estos extractores la naranja es comprimida totalmente, vertiendo su zumo a un colector. Depende del producto que se desee obtener, este zumo puede ser centrifugado o no para conseguir eliminar la pulpa, utilizado para elaborar otros procesos. Una vez obtenido el zumo, se procede a realizar la inactivación de las enzimas mediante métodos químicos con su posterior clarificación mediante el uso de alguna técnica de membrana, normalmente ultrafiltración o microfiltración, evitando de este modo un zumo con extremada turbidez. Finalmente, el zumo es sometido a un tratamiento de conservación mediante aplicación de calor, para posteriormente realizar el envasado.

En el caso que se desee obtener zumo de naranja a base de concentrado, después del tratamiento de conservación mediante temperatura, se debe eliminar la mayor cantidad de agua que contiene el zumo. Este proceso de concentración puede ejecutarse mediante técnicas convencionales como la evaporación o criocentración, o mediante técnicas con membranas como la ósmosis inversa. En el caso de realizar la concentración de zumo de naranja, se utiliza con mayor frecuencia procesos convencionales como la técnica de evaporación a vacío. A continuación una vez se ha conseguido concentrar el zumo, es enfriado o congelado, para posteriormente realizar la reconstitución. Finalmente una vez reconstituido, se realiza un segundo tratamiento térmico para evitar cualquier tipo de contaminación antes de ser envasado.

A continuación, en la imagen 12, se muestra el diagrama de flujo de la elaboración de zumo de naranja.

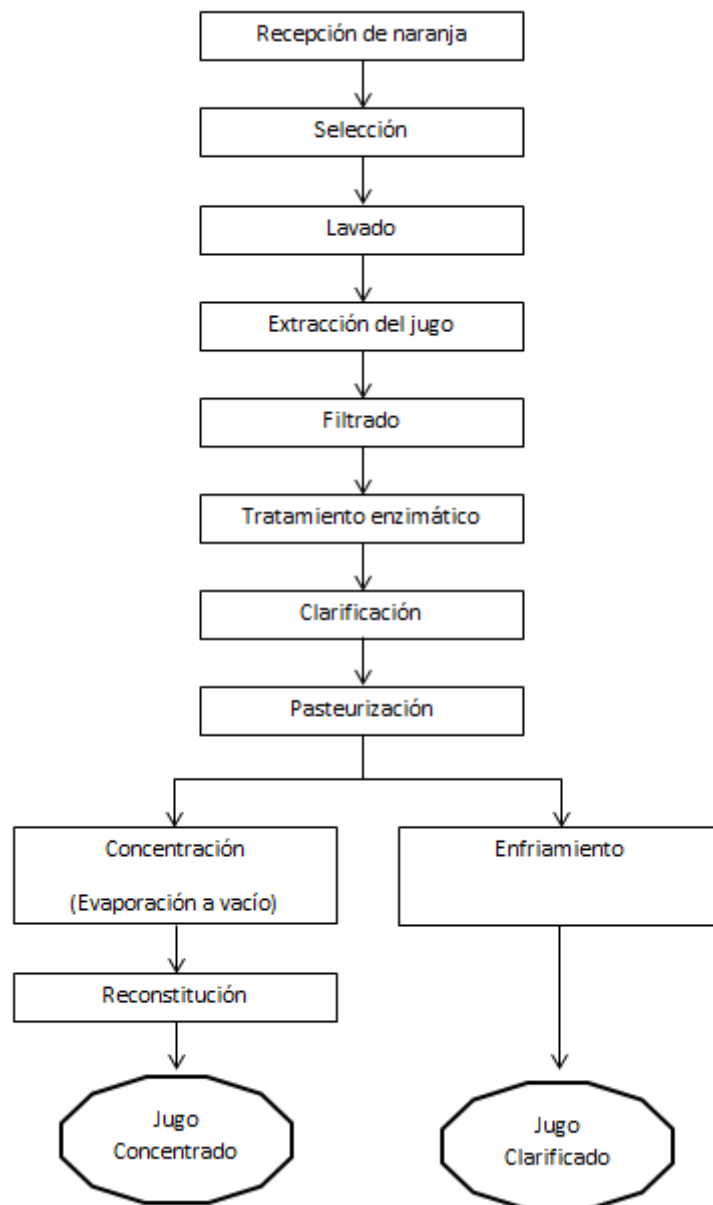


Imagen 12. Diagrama de flujo zumo de naranja.

6.2 Elaboración zumo de uva

El proceso de elaboración comienza con la recogida la uva y transporte a la planta procesadora. En la planta se seleccionan las uvas, mediante la realización de un control de calidad, y se procede a su lavado. Una vez se ha obtenido la materia prima, se realiza el despalillado, para obtener únicamente el fruto de la uva. A continuación la uva se tritura en el molino, y pasa al prensado para poder obtener el zumo separado del orujo. El zumo obtenido tiene que clarificarse, para tratar de eliminar posibles restos de pulpa y otros residuos,

llevándose a cabo mediante filtros convencionales, tecnología de membranas, centrifugación o métodos químicos. Normalmente, para ahorrar costes en la producción, se realiza preferentemente mediante técnicas de membranas, destacando la microfiltración y la ultrafiltración. Por último al zumo de uva obtenido se le realiza la pasteurización en un intercambiador de calor, eliminando todo tipo de microorganismos que pueda contener, y es embotellado en frascos de vidrio o tetra brik.

En el caso de querer producir el concentrado de uva, se debe hacer uso de su zumo. En este proceso, se elimina el agua presente en el zumo, de modo que se consiga aumentar la concentración que había en el zumo. Se puede producir mediante dos procesos, un proceso convencional como es la evaporación, y un proceso en el que se usan membranas.

- La evaporación consiste en calentar el zumo para hacer evaporar el agua presente. Se realiza a bajas presiones para disminuir la temperatura de ebullición del agua. Con esta técnica se puede provocar la degradación de las características del zumo a causa de la temperatura.

- La utilización de membranas consiste en separar mediante una membrana el agua del zumo, manteniendo todas las propiedades de este. De este modo el agua se queda a un lado de la membrana y el zumo concentrado al otro lado. Como se realiza a temperatura ambiente no hay riesgo de degradación y por tanto el concentrado es de calidad superior en comparación al obtenido por evaporación.

Por estas razones, hay que destacar que la industria está utilizando con mayor frecuencia la tecnología de membranas para elaborar concentrados de uva. Además de reducir el gasto de energía, mejora las propiedades del zumo, ya que no hay que realizar un control de la temperatura para evitar su degradación.

Para comercializar el zumo, se reconstituye con la cantidad de agua necesaria, y se realiza una pasteurización cuando se ha envasado. De este modo se asegura que los microorganismos y enzimas que puedan haber surgido durante la producción del zumo concentrado o estar presentes en los envases, han sido eliminados, y se puede realizar una comercialización con un zumo en correctas condiciones.

A continuación en la imagen 13 se muestra un diagrama de flujo del proceso del zumo de uva.

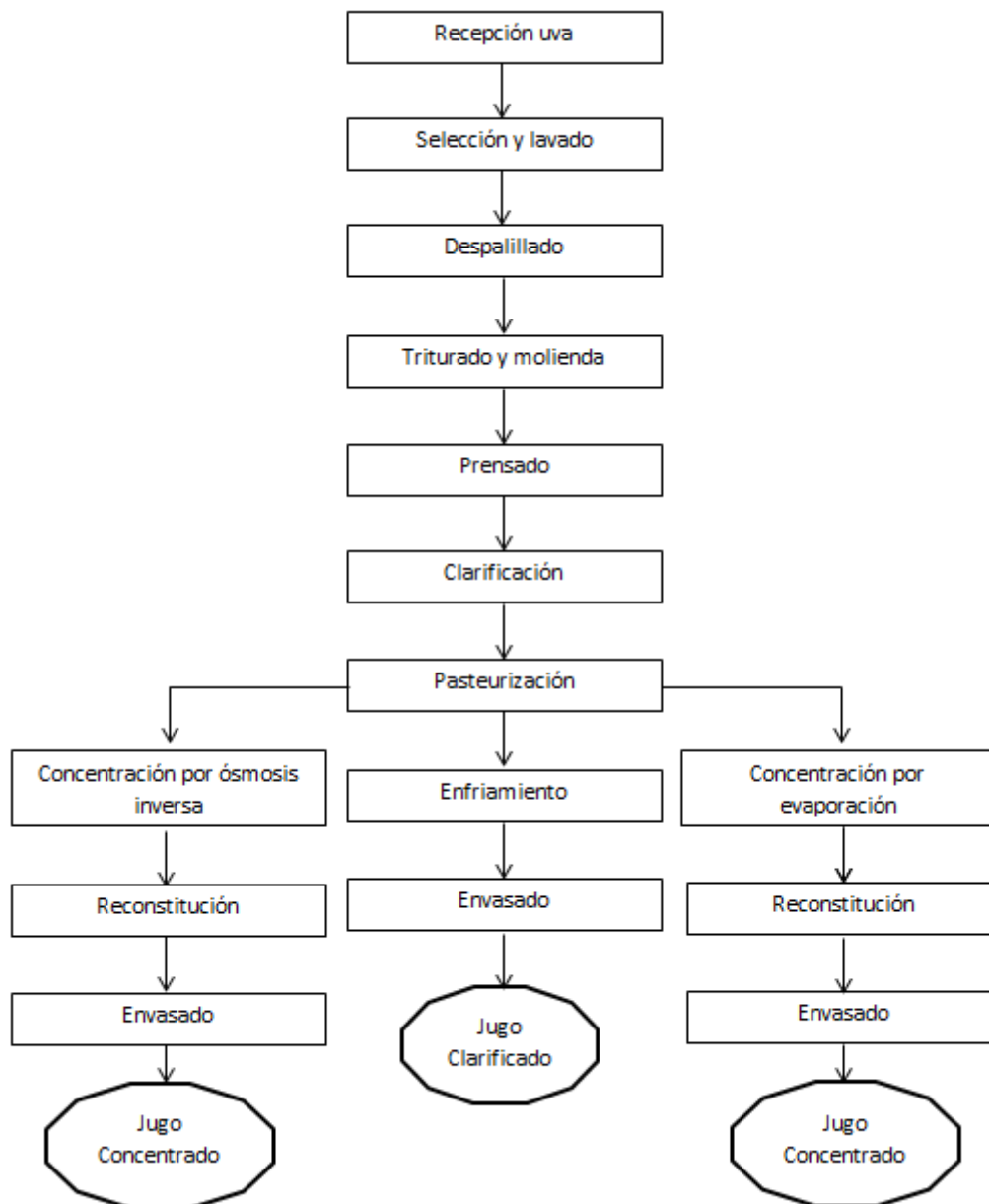


Imagen 13. Diagrama flujo procesamiento zumo de uva.

6.3 Elaboración zumo de piña

El proceso de elaboración de zumo de piña puede variar dependiendo del zumo que se desea obtener. Pueden variar unos pasos del proceso según el zumo que se desee obtener, de forma turbia o clara. A continuación se explican ambos procesos.

El proceso de elaboración de zumo de piña comienza con la recogida de la piña y el traslado a al lugar de producción del zumo. Se realiza un cepillado y lavado de toda la materia prima para proceder a la selección de las piezas de fruta en correcto estado. Una vez se han

seleccionado, se realiza el pelado de todas las piezas y se procede a la extracción del zumo. La extracción se efectúa mediante el triturado, prensado y en el caso de que el zumo contenga excesiva pulpa o partículas en suspensión muy grande, se realiza un tamizado. A continuación el zumo obtenido se le aplica temperatura y se realiza una decantación y centrifugación de modo que se elimine totalmente la pulpa y partículas en suspensión. Si se desea obtener un zumo turbio se llega hasta este paso y pasaría a la filtración directamente. En el caso de querer un zumo con aspecto claro, se realiza además una clarificación mediante el uso de membranas, eliminando cualquier sólido en suspensión del zumo, para luego proceder al filtrado. Con el zumo obtenido, ya sea turbio o claro, se realiza una desaireación, eliminando todo el aire que contiene para evitar la oxidación que puede producir cambios en su sabor y en la cantidad de vitamina que contenga el zumo. Y por último se realiza una pasteurización antes de ser comercializado para eliminar microorganismos que puedan dañar el zumo.

En el caso de que se desee elaborar concentrado de piña, después de la pasteurización se realiza la eliminación de la mayor parte del agua que contiene el zumo, es decir se concentra. Esta concentración se puede llevar a cabo mediante congelación, evaporación o membranas. La congelación es un método caro y por tanto muy poco utilizado. La evaporación es el método más utilizado hasta ahora, se realiza en vacío para minimizar la temperatura de ebullición. El uso de técnicas de membranas, ósmosis inversa, también es un método que está siendo cada vez más utilizado, alcanzándose una concentración menor que con evaporadores, pero con un coste de realización menor. La utilización de evaporación u osmosis inversa depende de la concentración de grados brix que se desee obtener. Después de realizar la concentración, mediante la utilización de cualquier método, hay unos sistemas para realizar recuperación de aromas perdidos durante la concentración, que serán añadidos en la reconstitución del zumo. A continuación se efectúa la reconstitución del zumo con agua y los aromas y se realiza una pasteurización una vez envasados para eliminar los posibles microorganismos que se hayan originado durante la concentración o que estén presentes en los envases.

A continuación, en la imagen 14, se muestra el proceso de elaboración de zumo de piña clarificado y concentrado.

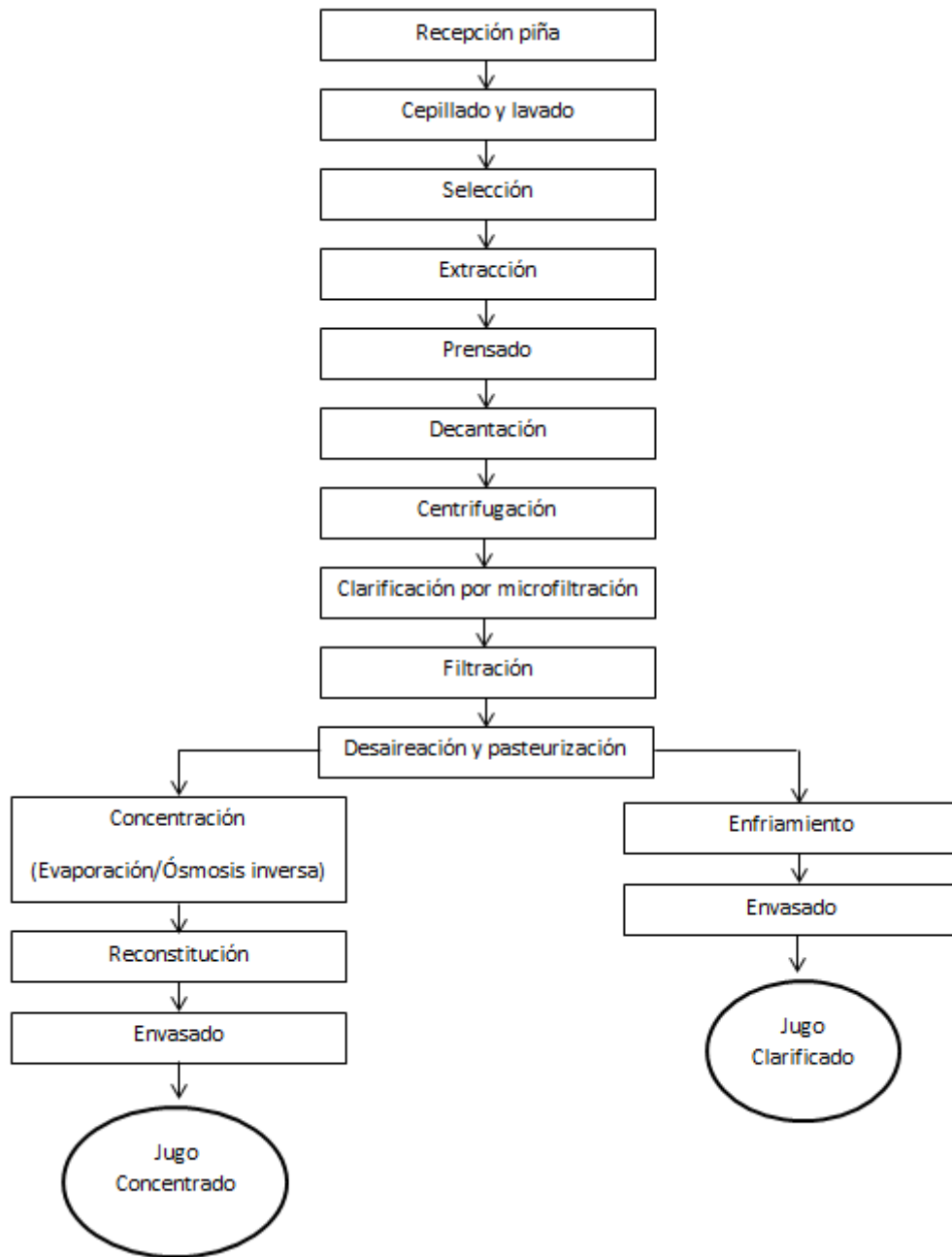


Imagen 14. Diagrama de flujo elaboración zumo de piña.

6.4 Elaboración zumo de kiwi

Para realizar la elaboración industrial de zumo de kiwi, se tiene que obtener la materia prima del campo y transportarla a la fábrica de producción de zumo. El proceso comienza con el lavado y selección de kiwis en buen estado. Posteriormente se realiza un troceado de la pieza de fruta y la extracción del zumo. Para la obtención del zumo el kiwi es triturado, formando una especie de puré al que se le añade sulfito de sodio, con el fin de inactivar la

enzima que provoca el oscurecimiento de la pulpa, y una pectinasa llamada *Aspergillus aculeatus*, que es la enzima encargada de producir una disminución de la viscosidad del puré obtenido (Schmitt, 1988). De este modo se produce una maceración rápida del puré, liberando el zumo con todos sus componentes, sabor y pigmentación. Este zumo obtenido es incubado a temperatura ambiente durante 4 horas e introducido en un filtro compuesto por una tela de nylon, de este modo se consiguen eliminar las partículas de gran tamaño que están en suspensión. Este filtrado con nylon aumenta el rendimiento en la producción de zumo, debido a que evita una rápida acumulación de los sólidos en suspensión, en la membrana de ultrafiltración, lo que implica que la membrana trabaje en sus condiciones óptimas durante un mayor tiempo sin necesidad de realizar limpiezas continuas. Es decir, es un filtrado más superficial, de modo que forme un zumo más líquido, encontrándose en mejores condiciones para realizar una filtración más exhaustiva en la ultrafiltración. Los productos de desecho que no tienen utilidad en el proceso, es el caso de la parte de kiwi que se no se ha filtrado con el nylon y los kiwis que han sido descartados en la mesa de selección, son almacenados en un tanque y llevados a un gestor para que sean tratados y convertidos en alimento para las plantas. De esta forma toda la parte del kiwi es utilizada sin necesidad de generar residuos.

A continuación se efectúa la clarificación mediante el uso de una unidad piloto de ultrafiltración, obteniendo un permeado y un rechazo. El permeado obtenido en la separación es recogido para realizar la concentración, y el rechazo obtenido se bombea hasta el tanque de alimentación, donde se mezclará con el concentrado que se ha obtenido a partir del permeado. Antes de que el rechazo se mezcle con el concentrado, se realizará su pasteurización, de modo que se eliminen todos los microorganismos presentes en los sólidos que no han conseguido atravesar la membrana, evitando así, dañar las propiedades del zumo. (Byrne, 1993; Knorr, 1994; Skudder, 1992).

Una vez obtenido el permeado se procede a su concentración mediante un tratamiento de destilación osmótica. En este paso, el zumo clarificado es bombeado al tratamiento de destilación osmótica, el cual contiene dos compartimentos separados por una membrana hidrofóbica (Alves & Coelho, 2002; Gostoli, 1998), dejando pasar el agua a través de ella, provocando la concentración del zumo. En un compartimento se encuentra el zumo y es donde se produce la evaporación del agua que contiene el zumo, y en el otro está una disolución hipertónica salina, en este caso se usa cloruro de calcio ya que no es tóxico y se puede obtener a bajo precio, que es el responsable de condensar el agua evaporada del zumo que ha conseguido atravesar la membrana. Ambas disoluciones circulan a contracorriente, de este modo se favorece el paso del agua evaporada del compartimento del zumo a través de la membrana, hacia el compartimento de la disolución salina (Wilson & Burn, 1983). La cantidad en peso de la disolución salina es tres veces superior a la del zumo, evitando de este modo una significativa dilución. En la imagen 15 se muestra el funcionamiento interno del evaporador osmótico con el zumo de kiwi.



Imagen 15. Interior evaporador osmótico

Las presiones de entrada y salida del zumo y de la solución salina (cloruro de calcio), se registran mediante medidores de presión, facilitando el control de la presión de ambos lados de la membrana. En la destilación osmótica, hay que destacar que la presión del compartimento donde se encuentra el zumo es ligeramente superior a la del compartimento de la solución salina, evitando de este modo que la solución salina acabe atravesando la membrana vertiéndose en el zumo a concentrar.

Por último, cuando se ha realizado el concentrado completo, se bombea a una etapa donde se produce la reconstitución. En esta etapa se finaliza el zumo que va a ser comercializado, de modo que al concentrado obtenido, se le adiciona parte del rechazo obtenido en ultrafiltración, el cual contiene propiedades de sabor, olor y pigmentación del fruto, además de sustancias con cierta cantidad de agua, aromas, vitaminas, minerales. Finalmente se realiza un envasado del zumo obtenido a partir de concentrados y se transportan para ser comercializados.

A continuación se puede observar en la imagen 16, el diagrama de flujo de zumo de kiwi que explica el proceso de producción.

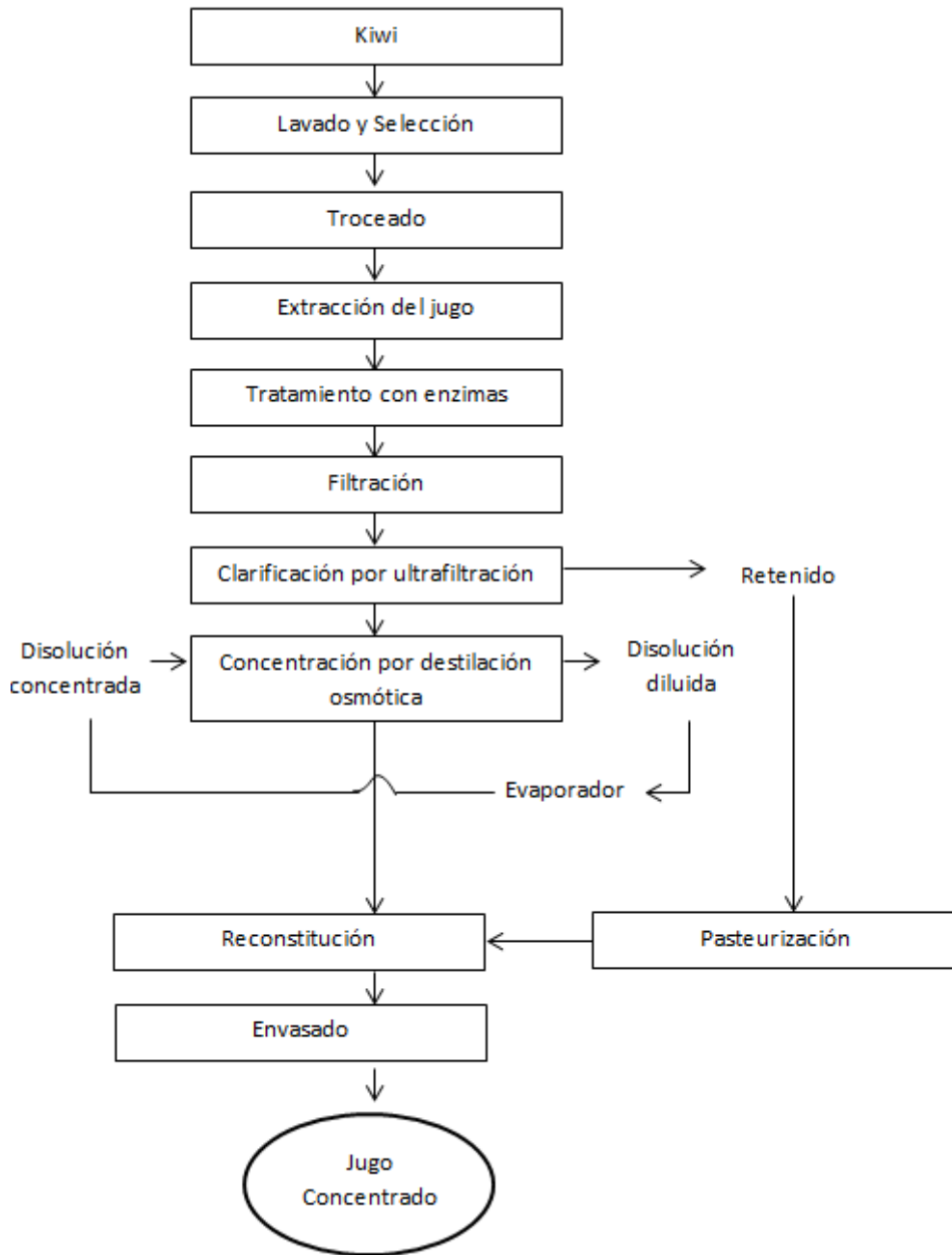


Imagen 16. Diagrama de flujo de zumo de kiwi.

6.5 Conclusión de procesos

Como se puede observar, hay multitud de procesos para elaborar zumos de frutas. Incluso para elaborar un zumo de una fruta determinada se pueden encontrar diferentes formas de producción, dependiendo de: el tipo de planta que los fabrique, la tecnología disponible por el productor, el espacio disponible en la planta para determinada maquinaria, etc. Por ello un zumo tiene muchas formas de producción, aunque hay que destacar que con algunas técnicas

se consigue un producto de mejor calidad, llegando a tener una calidad similar a los zumos obtenidos de forma natural.

En la actualidad para la elaboración de zumos concentrados se está utilizando muy frecuentemente las membranas, aunque muchos productores todavía no se han decantado por la utilización de estas técnicas, y continúan utilizando las convencionales. Es el caso del zumo de naranja, como se puede observar en la imagen 12, aún hay productores que utilizan para realizar la concentración la evaporación, en vez de tecnología de membranas. Aunque como ya se ha dicho, no todos los productores utilizan los mismos métodos, y por tanto también hay quien utiliza la tecnología de membranas. En cuanto a los zumos de uva y piña, también es muy común el uso de la evaporación para realizar la concentración, aunque hay que destacar que en estos procesos también es frecuente el uso de la tecnología de membrana, como la ósmosis inversa. Y por último el proceso encontrado de elaboración de zumo de kiwi, deja de lado las técnicas convencionales, y aplica el uso de tecnología de membranas para obtener zumo a partir de concentrados.

El zumo de frutas elegido para el cual se va a realizar el diseño de su instalación, es el zumo de kiwi. El diseño elegido para la planta de producción de kiwi, se ha realizado teniendo en cuenta las nuevas técnicas de clarificado y concentración, mediante tecnología de membranas. Dentro de la tecnología de membranas primero se ha elegido la ultrafiltración para realizar un primer filtrado de partículas más grandes. Cuando se ha conseguido disminuir los sólidos en suspensión del zumo, se ha elegido para realizar la concentración del zumo la destilación osmótica, debido a que con esta técnica se alcanzan mayores concentraciones de °Brix y mejores propiedades organolépticas que si se utilizan otras técnicas con membranas o técnicas convencionales. A continuación se muestra el diseño de la planta realizado.

CAPÍTULO IV: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN

7 DISEÑO DE LA INSTALACIÓN

El diseño de la instalación de kiwi que se va a realizar sigue el siguiente diagrama de flujo, imagen 17. Los datos que se muestran en el diagrama han sido calculados como se puede mostrar en los siguientes apartados.

La forma de trabajar de la fábrica es procesar los kiwis hasta obtener el zumo, justo antes de comenzar la ultrafiltración. Cuando están procesados hasta ese punto, son almacenados, y al día siguiente se comienza con el tratamiento de ultrafiltración y concentración del zumo obtenido el día anterior. Es decir mitad de fábrica trabaja en obtener zumo, y la otra mitad en concentrar el del día anterior. Se realiza de este modo, porque el proceso de ultrafiltración está diseñado para realizarse de forma continua durante 5 horas, y así las 3 horas restantes se utilizan para la limpieza de las membranas.

En resumen, la planta de fabricación de concentrado de zumo de kiwi realiza por una parte las tareas de procesado del fruto que entra en el día, como es la descarga, vaciado, lavado, selección, troceado, tratamiento químico y filtrado, y por otra parte realiza la ultrafiltración para después concentrar mediante destilación osmótica el zumo producido el día anterior.

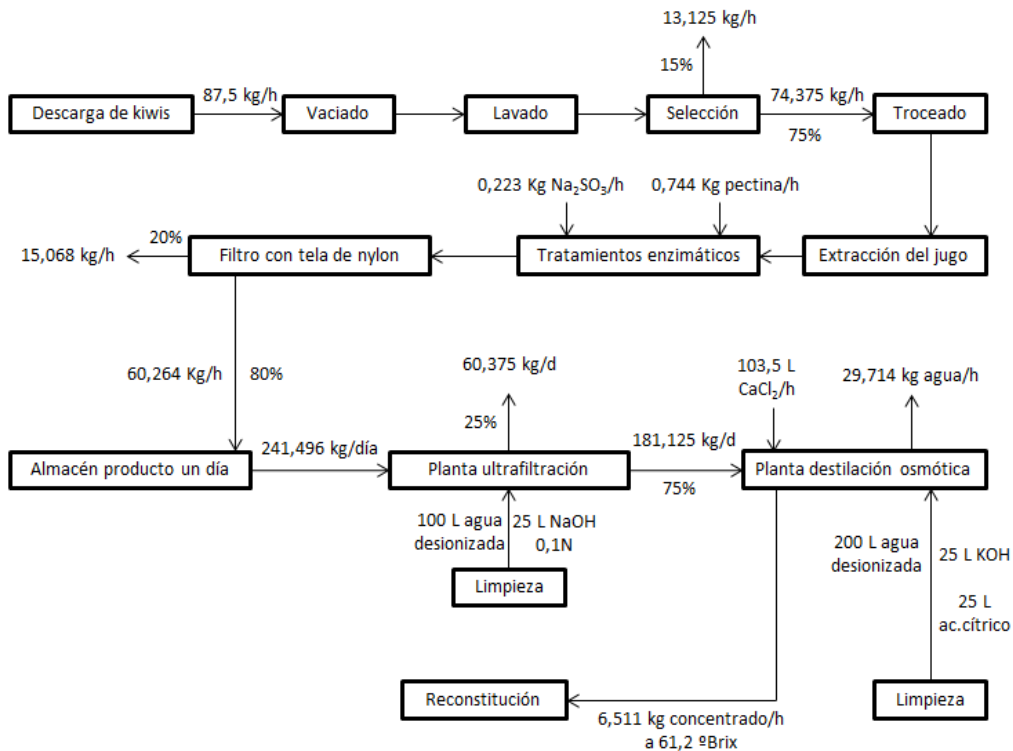


Imagen 17. Diagrama de flujo elaboración concentrado de kiwi

En este apartado se va a diseñar la planta teniendo en cuenta todos los parámetros, como los kilogramos de kiwi usados, los caudales, las presiones, los tipos de membranas utilizadas, etc.

La planta que se va a diseñar va a estar basada en el proceso de producción de kiwi explicado en el apartado anterior.

En la planta de elaboración de kiwi a diseñar, diariamente se reciben 350 Kg de kiwis. El camión cargado con los frutos viene a primera hora de la mañana para descargar. Por tanto, teniendo en cuenta que durante el año en la planta se trabajan 40 semanas debido a que no se trabajan los domingos, hay 15 días en los que se para la producción para realizar dos tareas de mantenimiento de maquinaria de una semana de duración cada uno, hay 20 días festivos los cuales la planta cierra, y se trabajan 8 horas al día, al año se utilizan:

$$350 \frac{\text{Kg de kiwis}}{\text{día}} \cdot \frac{278 \text{ días}}{1 \text{ año}} = 97300 \frac{\text{Kg de kiwis}}{\text{año}}$$

Y los kilogramos utilizados en base a las horas de la jornada laboral serán:

$$350 \frac{\text{Kg de kiwi}}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ horas}} = 43,75 \frac{\text{Kg de kiwi}}{\text{hora}}$$

Pero teniendo en cuenta que la jornada laboral es de 8 horas y los procesos químicos a los que está sometido el kiwi tiene una duración de 5 horas, hay que verter la totalidad del producto en las primeras 4 horas, de modo que se haya procesado los 350 kilogramos de kiwi en las 8 horas que forman la jornada laboral. Por lo tanto cada hora, desde que comienza el proceso hay que introducir en el proceso:

$$350 \frac{\text{Kg de kiwi}}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ día}}{4 \text{ horas}} = 87,5 \frac{\text{Kg de kiwi}}{\text{hora}}$$

Al introducir para procesar 87,5 kilogramos de kiwi cada hora, sabiendo que el tratamiento de enzimas dura 4 horas, más la hora que tarda en procesarse el resto, al finalizar la jornada laboral puede estar todo el zumo almacenado para al día siguiente comenzar con el filtrado de nylon, la ultrafiltración y concentración.

Una vez conocido el volumen de kiwis al año que llegan a la planta, se va a realizar el diseño de la instalación. Para ello primero se escogerá la maquinaria adecuada para realizar

cada etapa y después se procederá a situar cada máquina dentro de la planta, dependiendo del tamaño de cada una y sobretodo de las dimensiones de la planta.

En el proceso de elaboración de zumo de kiwi, la primera etapa es la recolección del kiwi y el transporte en camiones cerrados hasta la planta de elaboración. Al llegar los camiones a la fábrica se realizan la documentación certificando que los kiwis han llegado a fábrica. A continuación antes de descargar los kiwis, se recogen algunas muestras para comprobar que están en buen estado, y una vez superado el control de calidad se comienza con la descarga de los frutos y su posterior procesado.

VACIADO

Este proceso comienza con la descarga de los bins llenos de kiwis, que se encuentran en los camiones, en una zona de descarga dentro de la fábrica. A continuación comienza el proceso de producción de zumo, con el vaciado de los frutos a la cinta transportadora (Tabla 3). Para ellos dos trabajadores colocan los bins en posición para que los volcadores comiencen a realizar su función en seco. El vaciado se efectúa a través de unos volcadores automáticos, de forma que se asegure una alimentación homogénea de la línea con un flujo de fruta constante en volumen y velocidad. Estos volcadores serán los encargados de recoger los bins cargados con kiwis y descargarlos sobre la cinta transportadora para dar comienzo al proceso de producción de zumo. En cada bin hay aproximadamente unos 10 kg de kiwis, por tanto los volcadores tendrán que vaciar:

$$\frac{87,5 \frac{Kg}{hora}}{10 \frac{Kg}{bin}} = 9 \frac{bins}{hora}$$

Tabla 3. Características cinta transportadora de frutos.

Modelo	Tipo rodillo polipropileno
Dimensiones (L·A·H)	4000·500·1000 mm
Capacidad de carga	150 Kg/m
Rodillo	Rodillo polipropileno

Tabla 4. Características vaciador automático de bins.

Modelo	Vaciador de bins automático
Dimensiones (L·A·H)	2000·1700·1400 mm
Consumo eléctrico	5,5 KW
Producción máxima	30 bins/hora

LAVADO

Una vez se han depositado los kiwis en la línea, se inicia el proceso de escobillado que tiene como objetivo limpiar los restos florales y eliminar los excesos de tricomas o pelos que pueden traer los kiwis. Este proceso se realiza utilizando escobillas de crin o plástico, que son suficientemente delgadas y suaves para no dañar la piel del fruto, así como evitar la acumulación de restos vegetales o suciedad. En el caso de la planta a diseñar, como la producción por hora no es excesiva, se utilizarán 2 cepillos de crin, que estarán situados sobre la cinta transportadora por donde se transportan los kiwis para ser limpiados. El funcionamiento de los cepillos de crin puede verse reflejado en la imagen 18. Para evitar daños al fruto, las escobillas son utilizadas a unas velocidades entre 60 y 80 revoluciones por minuto, reguladas según la velocidad de vaciado y las transferencias posteriores. (Fuente: Unitec 92).



Imagen 18. Lavado a base de cepillos de crin.

Para realizar esta función se acoplan sobre la cinta transportadora dos cepillos de crin, como se observa en la imagen 18. Cada cepillo tiene las siguientes características:

Tabla 5. Características de los cepillos de crin.

Material del rodillo	Polipropileno
Material del eje	Acero
Cerdas de material	1,5 mm
Longitud	250 mm
Diámetro exterior	120 mm
Diámetro del rodillo	60 mm

SELECCIÓN

A continuación los frutos son dirigidos hacia dos mesas de selección. En esta etapa se encuentran cuatro trabajadores cualificados encargados de extraer los kiwis que no cumplen con la calidad definida por la empresa. Para asegurar un buen proceso de selección la fruta

debe desplazarse y rotar de forma continua a lo largo de la mesa, la cual estará dotada de rodillos en buen estado, lisos y limpios. La luz en esta etapa es muy importante, tiene que haber la cantidad de luz adecuada que permita detectar todos los daños y defectos que pueda poseer la fruta. En esta etapa se considera una pérdida del 10-15% de frutos, debido a que no están en buen estado para la extracción del zumo. De modo que de los 100 kilogramos de kiwi que entran cada hora al proceso, y considerando que en este paso se han perdido, por estar en mal estado de manera más restrictiva el 15 %:

$$87,5 \frac{\text{Kg de kiwi}}{\text{hora}} \cdot 0,15 = 13,125 \frac{\text{Kg de kiwi}}{\text{hora}}$$

Los kiwis que han conseguido superar la mesa de selección y están en buen estado que continúan en el proceso son:

$$87,5 \frac{\text{Kg de kiwi}}{\text{hora}} - 13,125 \frac{\text{Kg de kiwi}}{\text{hora}} = 74,375 \frac{\text{Kg de kiwi}}{\text{hora}}$$

Tabla 6. Características mesa de selección

Modelo	Transportadora individual (2 operarios)
Dimensiones (L·A·H)	2000·750·1200 mm
Capacidad de carga	100 Kg/m
Rodillo	Rodillo polipropileno

TROCEADO

Al finalizar el proceso de recepción, limpieza y selección de los frutos, se procede a la etapa de trocear el kiwi en partes pequeñas. Así se facilita una correcta trituration en la siguiente etapa. Esta etapa se realiza mediante una maquina cortadora, mediante la cual los kiwis son troceados en partes pequeñas.

Tabla 7. Características máquina cortadora.

Modelo	Cortadora CA-310 VV
Dimensiones (L·A·H)	600·410·570 mm
Velocidad	365 rpm – 1000 rpm
Potencia	1,5 KW

EXTRACCION DEL ZUMO MEDIANTE TRITURADORA

El kiwi troceado, es introducido en una máquina trituradora para obtener el zumo. Se introduce troceado para facilitar esta tarea, ya que la trituración de trozos grandes puede provocar obstrucciones y provocar la rotura de la maquinaria. A su vez al facilitar a los trituradores trozos pequeños, se reduce el tiempo de ejecución. En esta etapa se consigue obtener zumo de kiwi, pero con el inconveniente que se encuentra junto con la pulpa y la piel formando una masa pastosa. Este paso facilita y acelera la acción de las enzimas que se añadirán más tarde para la extracción del zumo. A la salida de la trituradora se dispondrá de 4 tanques refrigerados de 75 litros cada uno donde se depositarán los kilogramos de kiwi por hora.

Tabla 8. Características máquina trituradora.

Modelo	PS-05
Dimensiones (L·A·H)	510·350·900 mm
Capacidad	0,5 t/h
Velocidad cuchillo de rotación	310 rpm
Potencia	0,55 KW

TRATAMIENTOS ENZIMATICOS

En esta etapa el objetivo es obtener mediante un tratamiento enzimático la mayor cantidad de zumo que posee la masa formada por los kiwis triturados. Para ello, a la masa de kiwi se le añade sulfito de sodio (Na_2SO_3) que se encarga de inhibir la enzima *polifenol oxidasa*, que es la productora del oscurecimiento de la pulpa, y la pectina *Aspergillus aculeatus*. Después de añadir todo esto a la masa formada anteriormente, la enzima es capaz de hidrolizar la pectina además de hidrolizar parcialmente la celulosa, hemicelulosa, almidón y proteínas. Gracias a este tratamiento, la viscosidad se reduce en gran medida permitiendo una rápida maceración liberando todo el zumo, con los componentes de sabor y pigmentación, que contiene la masa de kiwi (Schmitt, 1988).

Para realizar dicho tratamiento se utilizan 3 gramos de sulfito de sodio y 10 gramos de pectina *Aspergillus aculeatus* por cada kilogramo de masa formada por trituración del kiwi (Cassano y otros, 2004; Cassano y otros, 2007). Por tanto si hay 74,375 kilogramos de masa de kiwi formando la masa pastosa, hay que añadirle:

$$74,375 \frac{\text{Kg masa kiwi}}{\text{hora}} \cdot 0,003 \frac{\text{Kg Na}_2\text{SO}_3}{\text{Kg masa kiwi}} = 0,223 \frac{\text{Kg de Na}_2\text{SO}_3}{\text{hora}}$$

$$74,375 \frac{\text{Kg masa kiwi}}{\text{hora}} \cdot 0,01 \frac{\text{Kg pectina}}{\text{Kg masa kiwi}} = 0,744 \frac{\text{Kg pectina}}{\text{hora}}$$

Por tanto la cantidad usada al año de cada compuesto será:

$$0,223 \frac{\text{Kg de Na}_2\text{SO}_3}{\text{hora}} \cdot 4 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \cdot 278 \frac{\text{día}}{\text{año}} = 247,976 \frac{\text{Kg de Na}_2\text{SO}_3}{\text{año}}$$
$$0,744 \frac{\text{Kg pectina}}{\text{hora}} \cdot 4 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \cdot 278 \frac{\text{día}}{\text{año}} = 827,328 \frac{\text{Kg pectina}}{\text{año}}$$

Por lo que se necesitarán aproximadamente $828 \frac{\text{Kg de pectina}}{\text{año}}$ y $250 \frac{\text{Kg de Na}_2\text{SO}_3}{\text{año}}$.

Para dosificar la cantidad necesaria de cada compuesto, hay dos tanques de 5 litros cada uno que contienen una válvula en su parte inferior, que permiten introducir los gramos necesarios cada hora. Estos tanques contienen pectina y sulfito sódico respectivamente.

Una vez introducidas las cantidades, se deja actuar a la enzima durante 4 horas a una temperatura ambiente de 25°C, para a continuación proceder con un filtrado con tela de nylon y obtener el zumo. A la salida de la trituradora se dispondrá de 4 tanques refrigerados de 75 litros cada uno donde se le depositarán los compuestos químicos del tratamiento enzimático, y se dejará actuar el tiempo necesario.

FILTRADO CON TELA DE NYLON

Al pasar las 4 horas de incubación de la masa una vez añadidos los compuestos para que actúe la enzima, se procede a realizar un filtrado a través de tela de nylon. La filtración se realiza en un tanque provisto con un filtro, como el que se observa en la imagen 19.



Imagen 19. Filtro de tela de nylon.

Esta filtración se efectúa antes de la clarificación para eliminar toda la masa procedente del triturado del kiwi, e impedir que la membrana de ultrafiltración se obstruya rápidamente. Una vez filtrada la masa de kiwi, que ahora es bastante viscosa, con la tela de nylon, se procede a la ultrafiltración después de dejar en el filtro las partículas grandes y pesadas que perjudican la membrana. De este filtrado se obtiene un rendimiento de zumo

promedio del 75-80%, es decir, la cantidad de masa de kiwi que ha pasado el filtro y va camino a la ultrafiltración es:

$$\begin{aligned} \text{Masa total} &= 74,375 \frac{\text{Kg masa kiwi}}{\text{hora}} + 0,223 \frac{\text{Kg de Na}_2\text{SO}_3}{\text{hora}} + 0,744 \frac{\text{Kg pectinasa}}{\text{hora}} \\ \text{Masa total} &= 75,342 \frac{\text{Kg totales de masa}}{\text{hora}} \\ 80\% \cdot 75,342 \frac{\text{Kg totales de masa}}{\text{hora}} &= 60,274 \frac{\text{Kg totales de masa}}{\text{hora}} \end{aligned}$$

Y la cantidad de kiwi que no ha conseguido pasar por el filtro de nylon es:

$$75,342 \frac{\text{Kg totales de masa}}{\text{hora}} \cdot 20\% = 15,068 \frac{\text{Kg de masa rechazada}}{\text{hora}}$$

Como la masa total a filtrar es $75,342 \frac{\text{Kg totales de masa}}{\text{hora}}$, se necesitará 1 filtro de 350 litros, donde se irá introduciendo la masa formada hasta que finalice todo el tratamiento enzimático. Al filtrarse cada hora 60,274 kilogramos de kiwi, se irán almacenando en un tanque refrigerado de 250 litros todo el filtrado durante un día de trabajo, es decir se almacenaran en un tanque:

$$60,274 \frac{\text{Kg totales de masa}}{\text{hora}} \cdot 4 \frac{\text{hora}}{\text{día}} = 241,496 \frac{\text{Kg totales de masa}}{\text{día}}$$

Por tanto al día siguiente se bombea todo el zumo de este tanque, al tanque de ultrafiltración.

Los residuos que se han generado hasta esta parte del proceso son depositados en un contenedor. Los residuos depositados son los kiwis que han sido rechazados en la mesa de selección, y la masa de kiwi que no ha conseguido pasar por el filtro de nylon. El contenedor al finalizar la semana es llevado por un empleado a un gestor para que realice un tratamiento de los residuos para su posterior compostaje, de modo que se aprovechan todos los kilogramos de kiwi que son llevados a la fábrica.

Por tanto en el contenedor de residuos se han de depositar:

$$13,125 \frac{\text{Kg de kiwi}}{\text{hora}} + 15,068 \frac{\text{Kg de masa rechazada}}{\text{hora}} = 28,193 \frac{\text{Kg rechazado}}{\text{hora}}$$
$$28,193 \frac{\text{Kg rechazado}}{\text{hora}} \cdot 4 \frac{\text{hora}}{\text{día}} \cdot 5 \frac{\text{día}}{\text{semana}} = 563,86 \frac{\text{Kg kiwi rechazado}}{\text{semana}}$$

Como se han de depositar $563,86 \frac{\text{Kg kiwi}}{\text{semana}}$, el contenedor de almacenamiento para residuos tiene una capacidad de 600 litros. Sus medidas son 900 mm de diámetro y 1000mm de alto.

CLARIFICACIÓN POR ULTRAFILTRACIÓN

Después de realizar el paso de filtrado con la tela de nylon, se ha obtenido toda la cantidad de zumo que contenían los kiwis. Los 60,274 kilogramos de zumo de kiwi obtenido por filtrado, están compuestos por zumo además de sólidos en suspensión. Estos sólidos para realizar una concentración posterior del zumo, necesitan ser eliminados. Este paso se realiza mediante tecnología de membranas, exactamente mediante ultrafiltración, de modo que los sólidos disueltos que tengan mayor tamaño que el de los poros de la membrana, quedarán retenidos en ella constituyendo el rechazo, mientras que los que consigan pasar a través de los poros constituirán el clarificado. Para ello las válvulas de los tanques de filtración dejaran pasar el zumo hasta el tanque de alimentación de la planta de ultrafiltración. De este modo comienza la filtración por membranas.

Para realizar el proceso de ultrafiltración se utiliza una planta piloto, la cual está compuesta por un tanque de alimentación refrigerado de 250 litros de acero inoxidable, dos bomba de presión que alimenten a las dos membranas utilizadas, un sistema de control que se encargue de regular la presión, dos termómetro, un caudalímetro para controlar la cantidad de zumo que entra al proceso, cuatro manómetros que midan las presiones de entrada y salida del módulo, un tubo con carcasa intercambiadora de calor que permite mantener la temperatura del zumo de alimentación constante, un sistema de adquisición de datos que permita establecer un control continuo de la presión transmembrana y de la velocidad axial del flujo de alimentación, y una balanza digital conectada al sistema, que permita medir los flujos de permeado que se han logrado obtener por medio de la membrana, un tanque de 50 litros refrigerado, en el cual se deposite el zumo clarificado y un otro de 75 litros refrigerado en el cual se deposite el rechazo obtenido. A continuación se muestran las características de la planta de ultrafiltración:

DISEÑO DE LA INSTALACIÓN

Tabla 10. Maquinarias planta ultrafiltración.

Tanque alimentación (D·H) 250L	600· 1000 mm
Bomba alimentación	300 l/hora LUTZ
Válvula de presión	D05FT
Termómetro	GMH 2710 CRISON
Caudalímetro	F-1000 SUGEIN
Manómetros	VAM 320 SUGEIN
Intercambiador de calor	Heat line 40
Balanza digital	PCE WS hasta 300kg
Tanque para clarificado (D·H) 50 L	260 · 1000 mm
Tanque para rechazo (D·H) 75L	310 · 1000 mm
Sistema adquisición de datos	PCE-RE82

Además, la planta está equipada con un módulo de membrana tubular, la cual es suministrada por una empresa italiana, Koch-Glitsch S.R.L., cuyo aspecto se muestra en la imagen 20 y sus características se muestran en la tabla 11. (Fuente: Koch Membrane System)

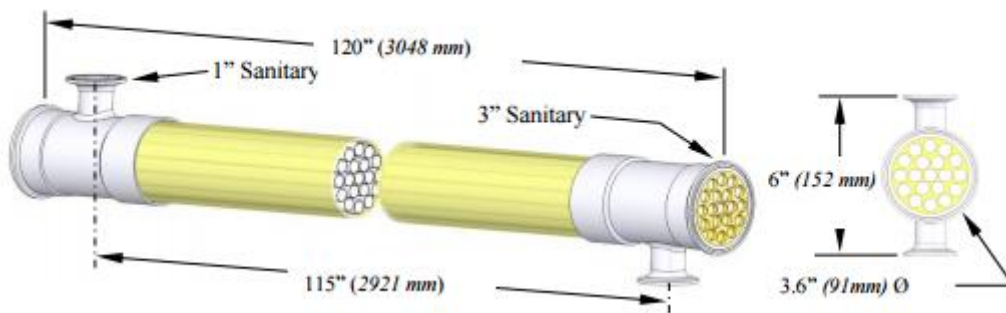


Imagen 20. Módulo membrana de ultrafiltración tubular Koch

Tabla 11. Características de la membrana de ultrafiltración.

Características de la membrana de ultrafiltración de Koch	
Tipo	SUPER-COR® 3010-HFM 513
Configuración	Tubular
Polímero de la membrana	Polifluoruro de vinilideno (PVDF)
Tamaño de partícula	500 kDa
Área de superficie de la membrana	2,2 m ²
Diámetro medio de los poros	59 Å
Rango operación de pH	1,5-10,5
Rango operación de la temperatura	0-50°C
Rango de operación de la presión	0,7--6,2 bar

En la imagen 21, se puede observar el esquema de la planta de ultrafiltración, donde está realizado todo el montaje para realizar la clarificación. (Fuentes: Cassano y otros 2004)

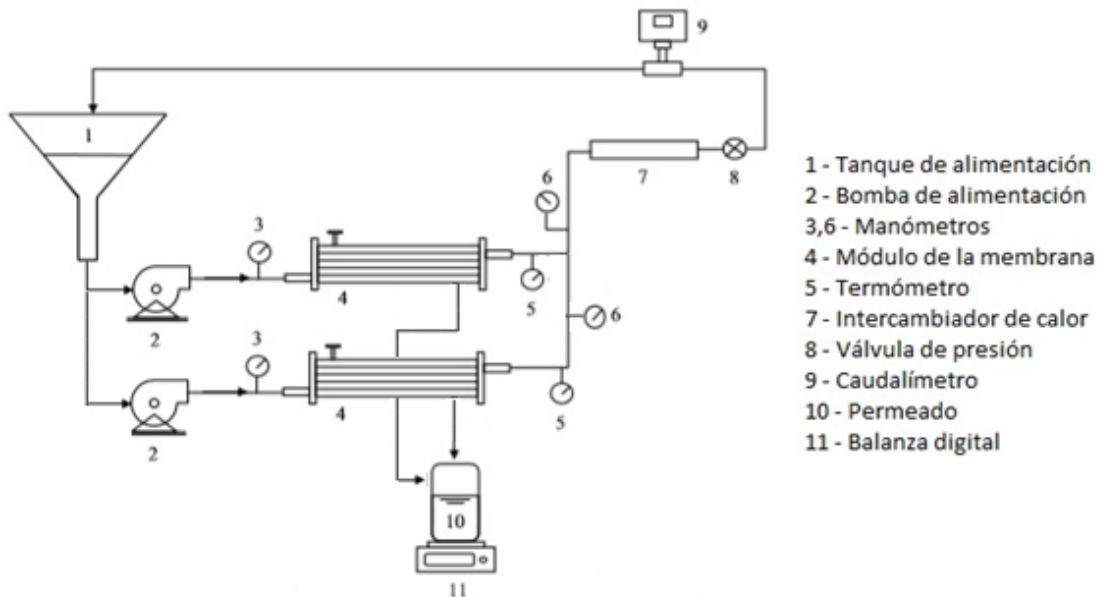


Imagen 21. Esquema planta ultrafiltración.

Hay varios métodos utilizados para obtener el zumo clarificado. Un método sería la ejecución por el modo de reciclaje total, donde el permeado es recirculado continuamente al tanque de alimentación para asegurar un estado de equilibrio de volumen y composición, y el otro método de ejecución sería por el modo de concentración por lotes (batch). En este caso el zumo clarificado se obtiene por el modo de concentración por lotes, donde el clarificado es recogido y separado, mientras que el rechazo es recirculado al tanque de alimentación hasta conseguir obtener el 75% de zumo clarificado. Todo este proceso se realiza a una temperatura de 25°C. Hay que destacar que en la fábrica se trabaja unas $8 \frac{\text{hora}}{\text{día}}$ realizando todo el proceso de elaboración del zumo. Para realizar la ultrafiltración de todo el producto realizado el día anterior, se tarda $5 \frac{\text{hora}}{\text{día}}$, el resto de horas restantes de la jornada laboral se efectúa la limpieza de las membranas. Además hay que aportar que la planta de ultrafiltración trabaja con un día de retraso, es decir un día se efectúa el proceso de vaciado, lavado, selección, etc. Y cuando se han producido todos los kilogramos de kiwi son almacenados para al día siguiente filtrarlos y concentrarlos, mientras por otra parte se procesan los kiwis que entran a fábrica para filtrar al día siguiente.

Por tanto como se tiene el tanque refrigerado de 250 litros con el zumo producido el día anterior, este es bombeado al tanque de la planta de ultrafiltración para que comience el proceso.

Al ser conocida la densidad de zumo de kiwi $\rho_{\text{jugo}} = 1,05 \frac{\text{kg}}{\text{litro}}$, se puede obtener el flujo de alimentación que se filtran al día:

$$\frac{241,496 \frac{\text{kg kiwi}}{\text{día}}}{1,05 \frac{\text{kg}}{\text{litro}}} = 230 \frac{\text{litros de kiwi}}{\text{día}}$$

Por tanto al realizar la clarificación, la cantidad de zumo que consigue pasar a través de la membrana formando el permeado es el 75% de la cantidad que proviene del filtro con tela de nylon, dejando como rechazo el 25%.

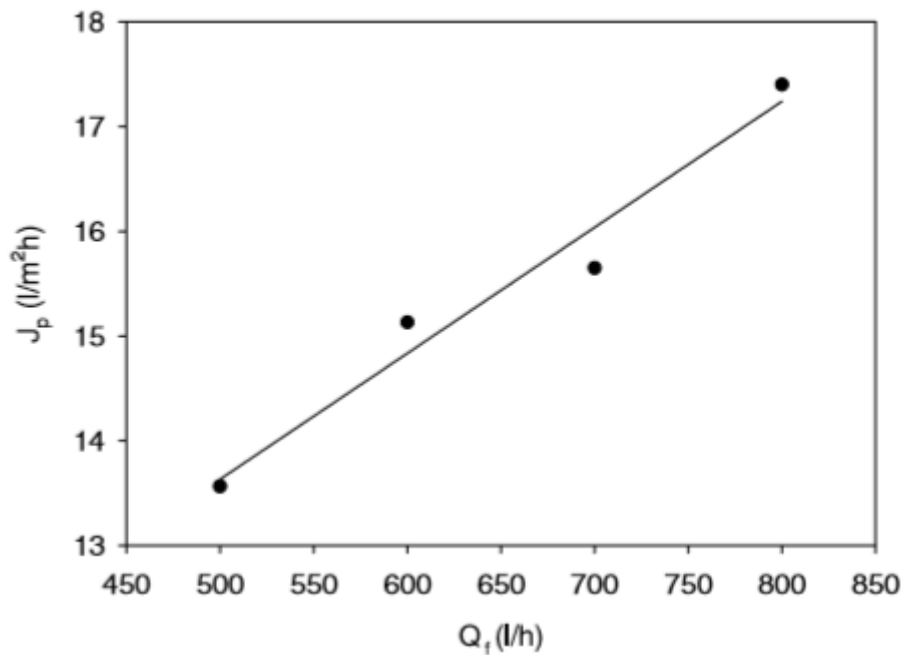
$$\text{Cantidad}_{\text{clarificada}} = 230 \frac{\text{litros de kiwi}}{\text{día}} \cdot 0.75 = 172,5 \frac{\text{litros de kiwi clarificado}}{\text{día}}$$

La cantidad de kiwi que no ha conseguido pasar a través de la membrana, es decir el rechazo, es enviado junto con el zumo concentrado, al comprador. De este modo, el comprador dependiendo el zumo que quiera comercializar, puede utilizar el rechazo para la reconstitución de zumo a partir de concentrados.

Una vez obtenidos los litros de kiwi clarificado que se producen cada día en la fábrica, se va a proceder a calcular el número de membranas necesarias para realizar la ultrafiltración con la membrana seleccionada.

Se sabe que el sistema de ultrafiltración para conseguir estos porcentajes de permeado y rechazo (75-25%), trabaja a una presión transmembrana de 0,85 bar, con un flujo de alimentación de aproximadamente $250 \frac{\text{litros}}{\text{día}}$ y a una temperatura de 25°C.

El flux del permeado obtenido a 0,85 bar y 25°C para un caudal de recirculación o de alimento de aproximadamente 600 l/h se muestra en la siguiente gráfica:



Gráfica 1. Flux de permeado en función del caudal (a 0.85bar y 25°C)

De la gráfica se obtiene que el flujo de permeado a un caudal de $600 \frac{\text{litros}}{\text{hora}}$ es $15 \frac{\text{litros}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}}$.

Conocido el valor de flujo de permeado para un caudal de alimentación de $600 \frac{\text{litros}}{\text{hora}}$, y las horas que trabaja la planta de ultrafiltración, se obtiene los litros por metro cuadrado que produce el permeado al día:

$$15 \frac{\text{litros}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}} \cdot 5 \text{ horas} = 75 \frac{\text{litros}}{\text{m}^2 \cdot \text{día}}$$

Por tanto conocido el valor de los litros por metro cuadrado que se producen al día en la planta de ultrafiltración y los litros de permeado que se deben producir para obtener un 75% de permeado, se obtiene el área que necesita la membrana para producir tal cantidad de permeado:

$$\text{Área membrana} = \frac{172,5 \frac{\text{litros}}{\text{día}}}{75 \frac{\text{litros}}{\text{m}^2 \cdot \text{día}}} = 2,3 \text{ m}^2$$

Como se necesita un área de $2,3 m^2$ para producir el 75% de permeado y se sabe que el área de la membrana es de $2,2 m^2$, en la planta de ultrafiltración se dispondrá de dos módulos de membrana.

LIMPIEZA ULTRAFILTRACIÓN

A continuación, una vez realizada la ultrafiltración, se comienza con la limpieza de las membranas. Según recomendaciones del fabricante para cada tipo de membrana la limpieza se puede efectuar con hidróxido de sodio, ácido clorhídrico o con una solución enzimática.

Para la limpieza de estas membranas, la planta de ultrafiltración está provista de 1 tanque de 100 litros, que contiene el agua desionizada, y 1 tanque de 25 litros, que contiene una disolución de limpieza (NaOH 0,1N) como indica el fabricante. El tanque de agua deberá estar refrigerado, de modo que cuando se haga el segundo lavado con agua, esta se mantenga a temperatura normal y no se caliente debido al proceso realizado anteriormente por el hidróxido sódico y además deberán poseer termómetro y pH-metro. El tanque de hidróxido sódico deberá ser calefactado que caliente la disolución hasta la temperatura indicada, además de contener un termómetro y un pH-metro para controlar las características de la disolución.

En la limpieza, las membranas son aclaradas con agua desionizada durante 30 minutos. Pasado este tiempo, se dosifica la cantidad necesaria de la solución de limpieza (para una disolución de 0,1N de NaOH a pH=9) al tanque de enjuague y se hace circular por la planta durante 60 minutos y a 40°C. A continuación, se vuelve a enjuagar la instalación con agua desionizada para realizar un enjuague total.

Una vez realizada la limpieza la planta está lista para ser utilizada al día siguiente.

Tabla 12. Procedimiento de limpieza de la planta de ultrafiltración.

Planta ultrafiltración	Duración	Temperatura
50L Agua desionizada	30 minutos	25°C
25L NaOH 0,1 N	60 minutos	40°C y pH=9
50L Agua desionizada	30 minutos	25°C

CONCENTRACIÓN POR DESTILACIÓN OSMÓTICA

El zumo clarificado proveniente de la ultrafiltración es dirigido hacia la planta donde se realiza el tratamiento de destilación osmótica. Esta planta es suministrada por Hoechst-Celanese Corporation, una empresa alemana. Hay que destacar que está equipada con contactores de membrana tipo Liqui-Cell Extra-Flow 2.5·8 pulgadas.

Las características de la membrana de destilación osmótica se pueden observar en la tabla 13.

Tabla 13. Características de la membrana y la carcasa de destilación osmótica.

Contactador de membrana Liqui-Cell Extra-Flow	
Características de la membrana	
Tipo de membrana: fibra hueca	Celgard microporosa Polipropileno
Diámetro externo	300 µm
Diámetro interno	220 µm
Longitud	0,16 m
Número estimado de fibras	9288
Características de la carcasa	
Dimensiones de la carcasa (D·L)	8 · 28 cm (2,5 · 8 in)
Área de superficie efectiva	1,4 m ² (15,2 ft ²)
Área/volumen	29,3 cm ² /cm ³
Material de relleno de la fibra	Polietileno
Condiciones de operación de la carcasa	
Máxima diferencia de presión transmembrana	4,2 kg/cm ² (60 psi)
Máximo rango de operación de la temperatura	40 °C (140 °F)

El proceso de destilación osmótica que se va a realizar como se observa en la imagen 22. Y el material que conforma dicha planta son: un tanque de acero inoxidable de 600 litros, el cual contiene una solución de extracción salina que se dosifica de forma que su contenido sirve para todo el día, 23 bomba que alimentan la solución salina al proceso, 92 manómetros, es decir 4 manómetros por módulo de membrana, 23 módulos de membrana, 2 caudalímetros por modulo, es decir 46 caudalímetros, 23 bombas de alimentación del zumo hacia los módulos de membrana, un tanque refrigerado de acero inoxidable de 50 litros que contiene el zumo que se va a procesar y una balanza digital.

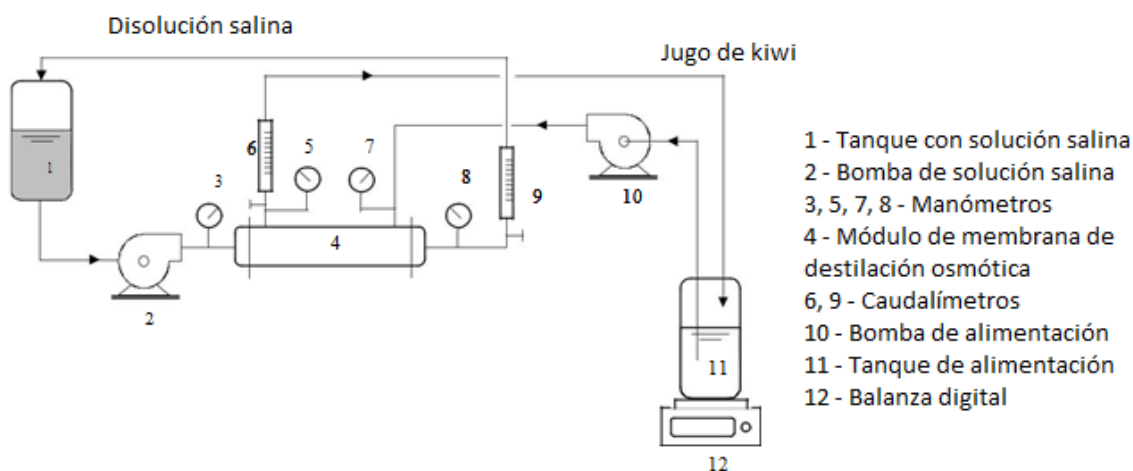


Imagen 22. Esquema planta de destilación osmótica.

La cantidad de solución salina al 60% en peso (CaCl_2) es tres veces superior a la del zumo a concentrar, por tanto se necesitarán:

$$172,5 \frac{\text{litros}}{\text{día}} \cdot 3 = 517,5 \frac{\text{litros CaCl}_2}{\text{día}}$$

$$34,5 \frac{\text{litros}}{\text{hora}} \cdot 3 = 103,5 \frac{\text{litros CaCl}_2}{\text{hora}}$$

Por tanto al día se usaran $517,5 \frac{\text{litros CaCl}_2}{\text{día}}$, es decir cada hora se usará $103,5 \frac{\text{litros CaCl}_2}{\text{hora}}$ para llevar a cabo la concentración del zumo.

El tanque de alimentación de la solución de extracción salina de 600 litros contiene las siguientes dimensiones: (D·H) 900 · 1000 mm. A su vez se dispondrá de 3 tanques refrigerados de 50 litros, 2 tanques se encuentran en la planta de ultrafiltración de modo que van recogiendo el permeado, y el otro tanque está en la planta de destilación osmótica. De modo que cuando un tanque de ultrafiltración se llena, es intercambiado por otro tanque vacío para que continúe con la ultrafiltración, el tanque lleno se lleva a la planta de destilación, y el zumo concentrado en el tanque de la planta de destilación es depositado en un tanque final refrigerado de 50 litros, que una vez lleno se lleva a la planta de envasado para vender el concentrado. De este modo se van alternando los 3 tanques refrigerados de 50 litros de acero inoxidable para que no tenga que parar nunca la producción hasta su finalización.

Este intercambio de tanques es posible porque cada hora, en la planta de destilación osmótica, se concentran $34,5 \frac{\text{litros}}{\text{hora}}$ mientras en el otro tanque continúa la ultrafiltración. El tercer tanque se utiliza en el momento que se produce el intercambio entre el tanque de ultrafiltración y el de destilación, de modo que el proceso no tenga que parar por unos minutos. Este proceso de intercambio se realiza durante todo el día hasta que finaliza la ultrafiltración.

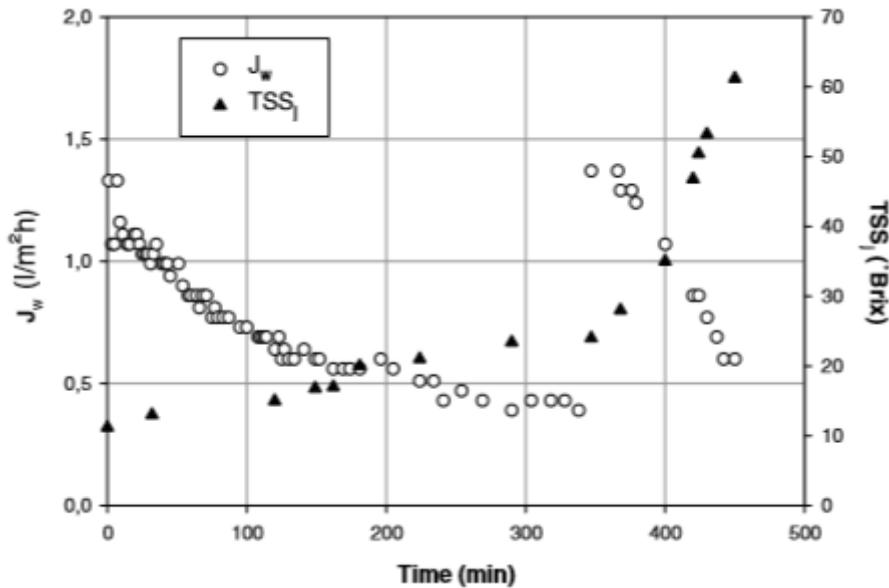
El caudal medio aplicado para la circulación de la solución salina y el zumo es de $40 \frac{\text{litros}}{\text{hora}}$ y de $34,5 \frac{\text{litros}}{\text{hora}}$ respectivamente. Es decir de los $180 \frac{\text{litros}}{\text{día}}$ que son obtenidos en ultrafiltración durante 5 horas, cada hora pueden ser tratados en la planta de destilación osmótica $34,5 \frac{\text{litros}}{\text{hora}}$, de modo que en 5 horas se ha concentrado todo el flujo de permeado.

Con la aplicación de caudalímetros se tiene un control de la velocidad del proceso y para llevarlo a cabo se dispone de 24 bombas de alimentación salina y 24 bombas de alimentación del zumo. Estas bombas son las mismas que las utilizadas en ultrafiltración de la marca Lutz.

Los manómetros utilizados son similares a los usados en ultrafiltración, son los VAM 320. Tienen precio elevado porque se necesita que aporten datos de presión muy fiables para una perfecta realización del proceso de concentración.

Los caudalímetros también son los mismos que los usados en ultrafiltración.

En cuanto al proceso de concentración la destilación osmótica trabaja a 25°C, a una presión de 0,415 bar y con los caudales de solución salina de $40 \frac{\text{litros}}{\text{hora}}$ y zumo $34,5 \frac{\text{litros}}{\text{hora}}$. El proceso tiene una duración de 500 minutos, es decir 8,3 horas. El flux de evaporación del agua que contiene el zumo comienza en $1,3 \frac{\text{litros}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}}$, y va descendiendo poco a poco a medida que la concentración de la solución salina va disminuyendo. Se puede observar en la gráfica 2.



Gráfica 2. Flux de evaporación del agua de zumo de kiwi en destilación osmótica.

$$(T=25^\circ\text{C}, P= 0,415 \text{ bar}, Q_{\text{ZUMO}}=34,5 \text{ l/h}, Q_{\text{SAL}}=40 \text{ l/h})$$

Como se observa en la gráfica 2, cuando el proceso alcanza los 340 minutos el flux de agua hacia la solución salina vuelve a tener un aumento, esto es debido a que la solución salina pasa por un evaporador eliminando el agua procedente del zumo y vuelve al su tanque inicial con la concentración que comenzó el proceso. Con esta restauración de la concentración de la solución salina, se vuelve a producir un buen intercambio de agua a través de la membrana, que produce mayor concentración del zumo.

Lo primero a realizar es calcular la cantidad de agua que ha sido eliminada para conseguir la concentración deseada.

El zumo clarificado se encuentra a una concentración de 11 °Brix, y al pasar por el proceso de destilación osmótica se concentra hasta 61,2 °Brix. El zumo pasa de una concentración inferior a otra superior sin añadir azúcares, para ello se necesita eliminar parte del agua que contiene mediante evaporación.

La concentración de 11 °Brix significa que en una disolución total de 100 gramos, 11 gramos son azúcares y 89 gramos son de agua. En este caso se sabe que cada hora se

concentran $34,5 \frac{\text{litros de kiwi}}{\text{hora}}$, y como se ha mencionado antes la densidad del zumo de kiwi es $\rho_{\text{jugo}} = 1,05 \frac{\text{kg}}{\text{litro}}$ por tanto la cantidad en masa serán:

$$34,5 \frac{\text{litros kiwi}}{\text{hora}} \cdot 1,05 \frac{\text{kg}}{\text{litro}} = 36,225 \frac{\text{kg kiwi}}{\text{hora}}$$

Conocido los kilogramos por hora, se calcula la cantidad de azúcar y agua de 11 °Brix de $36,225 \frac{\text{kg kiwi}}{\text{hora}}$ serán:

$$\frac{X}{36,225 \text{ Kg jugo kiwi}} = 11\% \text{ azúcar} \rightarrow X = 3,985 \text{ Kg azúcar}$$

$$36,225 \text{ Kg jugo kiwi} - 3,985 \text{ Kg azúcar} = 32,24 \text{ Kg de agua}$$

Luego para pasar de una concentración de 11 °Brix a 61,2 °Brix sin añadir azúcares al zumo, hay que eliminar una cierta cantidad de agua, pero primero hay que obtener la masa total de la disolución a una concentración de 61,2 °Brix:

$$\frac{3,985 \text{ Kg azúcar}}{\text{Masa disolución total}} = 61,2\% \rightarrow \text{Masa disolución total} = 6,511 \text{ Kg totales}$$

Por tanto la cantidad de agua que hay en la disolución total será:

$$6,511 \text{ Kg masa total} - 3,985 \text{ Kg azúcar} = 2,526 \text{ Kg de agua}$$

Esta es la cantidad de agua que hay en el zumo concentrado a 61,2 °Brix. Conociendo este valor se puede calcular la cantidad de agua que ha sido eliminada durante una hora para conseguir concentrar el zumo de 11 °Brix a 61,2 °Brix.

$$32,24 \text{ Kg agua (11°Brix)} - 2,526 \text{ Kg agua (61,2°Brix)} = 29,714 \text{ Kg agua eliminada}$$

Que en litros, sabiendo que la densidad del agua es $1 \frac{Kg}{litro}$, serán: 29,714 litros de agua

A continuación se calcula el caudal de agua que pasa por cada membrana y junto con la cantidad de agua que tiene que ser eliminada para conseguir la concentración deseada, se calcula lo módulos de destilación osmótica que se necesitan para realizar la operación. De la gráfica 2, se obtiene el valor del flux del agua durante todo el proceso, y junto con el área del módulo de destilación osmótica, se calcula el caudal que pasa por un módulo. Para ello se establecerá un valor medio del flux de todo el proceso, el cual es $J_{agua} = 0,95 \frac{litros}{m^2 \cdot h}$.

$$J_{agua} = \frac{Q_{agua}}{Área_{membrana}} \rightarrow 0,95 \frac{litros}{m^2 \cdot h} = \frac{Q_{agua}}{1,4m^2} \rightarrow Q_{agua} = 1,33 \frac{litros \text{ de agua}}{h}$$

Este flujo es el que pasa a través de un módulo de destilación osmótica, por tanto se calcula cuantos módulos hay que tener para que se realice la destilación osmótica de 31,006 kilogramos de zumo de kiwi totales.

$$n^{\circ} \text{ módulos DO} = \frac{29,714 \frac{Kg}{h}}{1,33 \frac{Kg}{h}} = 23 \text{ módulos}$$

Por tanto se necesitan 24 módulos de destilación osmótica para conseguir eliminar los 29,714 kilogramos de agua y obtener una concentración de 61,2 °Brix.

LIMPIEZA DESTILACION OSMOTICA

Por ultimo para finalizar el proceso de destilación osmótica se realiza la limpieza del circuito al finalizar el día, como en la planta de ultrafiltración (Tabla 14). Para ello la primera tarea a realizar es introducir 25 litros de agua destilada, a temperatura ambiente durante 10-15 minutos, por el circuito donde circula la solución salina y el zumo, es decir 25 litros de agua desionizada por cada circuito. A continuación, se introduce en el circuito por donde circula el zumo una solución con 25 kilogramos de KOH 0,1N, y en el circuito de la solución salina 25 litros de agua desionizada. Ambas soluciones deben estar a 45°C durante 45 minutos. Una vez finalizado el tiempo, se realiza otro lavado con agua desionizada, similar al primer lavado, a temperatura ambiente por ambos circuitos durante 10-15 minutos. Seguidamente durante 45 minutos y a 40°C, por el circuito donde circula el zumo se introduce una solución con 25 litros de ácido cítrico 0,1N, y por el tubo de solución salina 25 litros agua desionizada. Y para finalizar el proceso de lavado, se realiza una última limpieza con 25 litros de agua destilada por cada circuito, a temperatura ambiente hasta llegar a pH=7.

Para realizar el proceso de lavado, se dispondrá de 3 tanques de acero inoxidable. Habrán 2 tanques de 25 litros, en los cuales estarán las disoluciones de KOH y ácido cítrico, y un tanque de 200 litros que contendrá el agua desionizada. El tanque de agua desionizada estará provisto de una válvula dosificadora, estará refrigerado para mantener la disolución a 25°C y tendrá un termómetro y pH-metro para controlar las características del agua. Los otros dos tanques serán calefactados para lograr los 40°C y también dispondrán de una válvula dosificadora, un termómetro y un pH-metro.

Tabla 14. Procedimiento de limpieza de destilación osmótica del módulo de la membrana.

Circuito zumo de kiwi	Circuito con solución salina	Duración	Temperatura
25L Agua destilada	25L Agua destilada	10 minutos	25°C
25L Solución KOH 0,1N	25L Agua destilada	45 minutos	40°C
25L Agua destilada	25L Agua destilada	10 minutos	25°C
25L Solución ácido cítrico 0,1N	25L Agua destilada	45 minutos	40°C
25L Agua destilada	25L Agua destilada	Hasta pH=7	25°C

RECONSTITUCIÓN

Una vez se ha realizado todo el proceso de elaboración de zumo de kiwi, y se ha concentrado eliminando el agua, el zumo obtenido a una concentración elevado es envasado y enviado a los compradores. Los compradores son los encargados de realizar la reconstitución del zumo de kiwi, dependiendo del tipo de zumo que quieran realizar, para su posterior venta a supermercados.

8 CONCLUSIÓN

Por ultimo hay que destacar que en este proceso se ha aplicado un acoplamiento de varios procedimientos de membranas con enzimas, ultrafiltración donde se realiza una clarificación y destilación osmótica donde se efectúa la concentración. De este modo, gracias a la combinación de tratamientos de membranas con enzimas, el flujo de permeado se ve incrementado considerablemente, y manteniendo a su vez todas las características nutricionales y propiedades organolépticas.

Con el proceso de ultrafiltración se consigue filtrar las partículas en suspensión que aun contiene el zumo después del filtrado con nylon, para realizar una mejor concentración. Y el proceso de destilación osmótica representa una alternativa óptima a la evaporación térmica tradicional para la concentración de zumo de kiwi, la cual supone un mayor gasto energético.

En la planta el zumo clarificado se concentra de 11 °Brix a 61,2 °Brix mediante el uso de la planta de destilación osmótica Liqui-Cell Extra-Flow. Además se usa como solución salina en dicha planta, cloruro de calcio dihidratado la cual produce un flujo de evaporación inicial de

$1,3 \frac{Kg}{m^2 \cdot h}$. Los resultados obtenidos indican que cuando se tiene baja concentración de sólidos solubles, el flujo de evaporación que decae se debe a la dilución de la solución de extracción, es decir la salina, mientras que cuando la concentración del zumo está a partir de 35 °Brix, el flujo de evaporación es dependiente de la viscosidad del zumo, por tanto se puede decir que a 35 °Brix el flujo de evaporación depende de la concentración.

Finalmente hay que destacar que la producción únicamente de zumo de kiwi concentrado no es factible económicamente. Esto es debido a que el kiwi tiene poco rendimiento en la obtención de zumo, ya se empleando unas técnicas u otras, y por ello no se encuentran a la venta zumo solamente de kiwi. En cambio, el kiwi se usa junto con otras frutas para elaborar zumos, ya que es una fruta que contiene gran cantidad de vitamina C y produce un gran enriquecimiento de las propiedades del zumo.

CAPÍTULO V: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

9 BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, S., Riera, F. A., Álvarez, R., & Coca, J. (1998). Permeation of Apple aroma compounds in reverse osmosis. *Separation and Purification Technology*, 14, 209-220.

Alves, V. D., & Coelho, I. M. (2002). Mass transfer in osmotic evaporation: effect of process parameters. *Journal of Membrane Science*, 208, 171-179.

Bagger-Jorgensen, R., Meyer, A., Varming, C., Jonsson, G. (2004). Recovery of aroma volatile compounds from black currant juice by vacuum membrane distillation. *J. of Food Eng.*, 64; pp. 23-31.

Barbe, A. M., Bartley, J. P., Jacobs, A. L., & Johnson, R. A. (1998). Retention of volatile organic flavour/fragrance components in the concentration of liquid foods by osmotic distillation. *Journal Membrane Science*, 145, 67-75.

Brennan, J., Butters, J., Cowell, N., Lilley, A. (1998). *Las Operaciones de la Ingeniería de los Alimentos*. 3era edición. Zaragoza: Editorial Acribia S.A.

Byrne, M. (1993). The hear is off! *Food Engineering International*, 18(1), 34-38.

Cassano, A., Donato, L., & Drioli, E. (2007). Ultrafiltration of kiwifruit juice: Operating parameters. Juice quality and membrane fouling. *Journal of Food Engineering*, 79, 613-621.

Cassano, A., Jiao, B., & Drioli, E. (2004). Production of concentrated kiwifruit juice by integrated membrane process. *Food Research International*, 37, 139-148.

Cisse, M., Vaillant, F., Pérez, A., Dornier, M., Reynes, M. (2005). The quality of orange juice processed by coupling crossflow microfiltration and osmotic evaporation. *International J. of Food Sci. Technol.*, 40; pp. 105-116.

Christian G. (1999). *Técnicas membranarias de filtración de líquidos*. Micro-, Ultra-, Nanofiltración y Ósmosis Inversa, pp 1-4, 22, 35, 39.

De Barros, S. T. D., Andrade, C. M. G., Mendes, E. S., & Peres, L. (2003). Study of fouling mechanism in pineapple juice clarification by ultrafiltration. *Journal of Membrane Science*, 215, 213-224.

Eykamp, W. (1995). Microfiltration and ultrafiltration. In R. D. Noble & S. A. Stern (Eds.), *Membrane separation technology – principles and applications* (pp. 37). Amsterdam: Elsevier.

Figoli, A., Tagarelli, A., Cavaliere, B., Voci, C., Sindona, G., Sikdar, S.S., Drioli, E. (2010). Evaluation of pervaporation process of kiwifruit juice by SPM-GC/Ion Trap Spectrometry. *Desalination*, 250; pp. 1113-1117.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Francisco, R., José, A. A., José Antonio, C. M., Pablo, C. C., Baldomero, L. P., Aurora, S. L, y David, S. G. (2002). Ingeniería de la industria alimentaria. Vol. II: Operaciones de procesado de alimento: pp. 175-197.
- Gostoli, C. (1998). Gas membrane extraction: a new technique for the production of high quality juices. *Fruit Processing*, 10, 417-421.
- Jiao, B., Cassano, A., & Drioli, E. (2004). Recent advances on membrane processes for the concentration of fruit juices: a review. *Journal of Food Engineering*, 63(2), 303-324.
- Jorge Francisco R. G. (2010). Control Avanzado en Procesos Industriales de Microfiltración y Ultrafiltración tangencial, pp 10.
- Kaur, C., & Kapoor, H. C. (2001). Antioxidants in fruits and vegetables – The millennium's health. *International Journal of Food Science and Technology*, 36, 703-725.
- Kassardjian, E., Ferguson, A. R., Ferguson, L. R., & MacRaem, E. (2006). Le kiwi, votre partenaire santé. *Phytothérapie*, 2, 87-92.
- Knorr, D. (1994). Novel process for the production of fruit and vegetable juices. *Fruit processing*. 4(10), 294-296.
- Koch Membrane System: <http://www.kochmembrane.com/>
- Koroknai, B., Csanádi, Z., Gubicza, L., Bélafi-Bakó, K. (2008). Preservation of antioxidant capacity and flux enhancement in concentration of red fruits by membrane processes. *Desalination*, 228; pp. 295-301..
- Kvesitadze, G. I., Kalandiya, A. G., Papunidze, S. G., & Vanidze, M. R. (2001). Identification and quantification of ascorbic acid in kiwi fruit by high-performance liquid chromatography. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 37(2), 215-218.
- Luh, B. S., & Wang, Z., (1984). Kiwifruit. *Advanced Food Research*, 29, 279-307.
- Matta, V. M., Moretti, R. H., & Cabral, L. M. C. (2004). Microfiltration and reverse osmosis for clarification and concentration of acerola juice. *Journal of Food Engineering*, 61, 677-482.
- Maccarone, E., Campisi, S., Lupo, M. C. C., Fallico, B., & Asmundo, C. N. (1996). Thermal treatment effects on the red orange juice constituents. *Industria Bevande*, 25, 335-341.
- Mejores Técnicas Disponibles. <http://www.prtr-es.es/documentos/documentos-mejores-tecnicas-disponibles>. La industria de elaborados vegetales, pp.22, 78, 79, 84.
- Mercè Raventós Santamaria (2005). *Industria alimentaria tecnologías emergentes*, pp 173.
- Merson, R. L., Paredes, G., & Hosaka, D. B. (1980). Concentration fruit juices by reverse osmosis. In *ultrafiltration membranes and applications* (pp. 405). New York: Plenum Press.
- Petrotos, K.B., Lazarides, H.N., Osmotic concentration of liquid foods. *Journal of Food Engineering*. Vol. 49, No. 2-3, 2001, pp. 201-206.

Pinto, C., Laespada, M., Pavon, J., Cordero, B. (1999). Analytical applications of separation techniques through membranes. *Lab. Automation and Information Management*. 34; pp. 115-130.

Ruíz, Y., Sánchez, J., Auleda, J. M., Hernández, E., Raventós, M. (2008). Aplicaciones de la criocentración en la Industria Agroalimentaria. Revisión. V Congreso Español de Ingeniería de Alimentos y II Congreso Iberoamericano sobre Seguridad Alimentaria, CESIA-CIBSA. Barcelona, 1-6.

Schmitt, R. (1998). Optimized enzyme system for the production of carrot juice and other vegetable juice. *Flussiges Obst*, 6, 309–310

Sur, D. H., Dagli, J. (2008). Osmotic distillation: A separation wonder. *Chemical Business*. Vol. 22, No. 9, pp. 47.

Skudder, P. (1992). Long-life products by ohmic heating. *International Food Ingredients*, 4, 36-41.

Todisco, S., Tallarico, P., & Drioli, E. (1998). Modelling and analysis of ultrafiltration effects on the quality of freshly squeezed orange juice. *Italian Food & Beverage Technology*, XII (May), 3-8.

Unitec 92: <http://es.unitec-group.com/tecnologias-frutas-hortalizas/maquinas-lineas-proceso-kiwis/>

Youn, K., Hong, J., Bae, D., Kim, S., (2004). Effective clarifying process of reconstituted apple juice using membrane filtration with filter-aid pretreatment. *J. of Membrane Sci.*, 228; pp. 179-186.

Willet, W. C. (2002). Balancing life-style and genomics research for disease prevention. *Science*, 296, 695-698.

Wilson, E. L., & Burn, J. W. (1983). Kiwifruit juice processing using heat treatment techniques and ultrafiltration. *Journal of Food Science*, 48(4), 1101-1105.

PRESUPUESTO

DOCUMENTO II

1 INTRODUCCIÓN

El objetivo de realizar un presupuesto es indicar el coste de total de toda la producción de zumo. En el presupuesto se indicarán el coste de la maquinaria, de los materiales e instrumentos, además del coste de los trabajos realizados.

A la hora de realizar el presupuesto, se ha dividido en diferentes secciones. Para ello se han elaborado cuadros de precios de materiales, maquinaria, mano de obra y gestión de residuos. En esta sección también se considerará la gestión de los residuos originados durante la producción.

Por tanto el presupuesto estará organizado con los siguientes cuadros de precios: de materiales, de la maquinaria, de mano de obra y de gestión de residuos. Por último se encuentra el presupuesto total.

2 CUADRO DE PRECIOS DE MATERIALES Y EQUIPOS

2.1 Reactivos

Para el tratamiento enzimático, como se ha calculado en el apartado de tratamiento enzimático, se necesitarán $828 \frac{\text{Kg de pectina}}{\text{año}}$ y $250 \frac{\text{Kg de Na}_2\text{SO}_3}{\text{año}}$.

Para la limpieza de la planta de ultrafiltración se utilizan las siguientes cantidades al año de agua desionizada e hidróxido de sodio 0,1N:

$$100 \frac{\text{L agua desionizada}}{\text{día}} \cdot 278 \frac{\text{día}}{\text{año}} = 27800 \frac{\text{L agua desionizada}}{\text{año}}$$

$$25 \frac{\text{L NaOH 0,1N}}{\text{día}} \cdot 278 \frac{\text{día}}{\text{año}} = 6950 \frac{\text{L NaOH 0,1N}}{\text{día}}$$

En cuanto a la limpieza de la planta de destilación osmótica, la cantidad de agua desionizada, hidróxido de potasio 0,1N y ácido cítrico 0,1N utilizado durante un año es:

$$200 \frac{\text{L agua desionizada}}{\text{día}} \cdot 278 \frac{\text{día}}{\text{año}} = 55600 \frac{\text{L agua desionizada}}{\text{año}}$$

$$25 \frac{\text{L hidróxido de potasio}}{\text{día}} \cdot 278 \frac{\text{día}}{\text{año}} = 6950 \frac{\text{L hidróxido de potasio}}{\text{año}}$$

PRESUPUESTO

$$25 \frac{\text{L ácido cítrico}}{\text{día}} \cdot 278 \frac{\text{día}}{\text{año}} = 6950 \frac{\text{L ácido cítrico}}{\text{año}}$$

Por tanto la cantidad de agua desionizada total usada por las plantas de ultrafiltración y destilación osmótica es:

$$55600 \frac{\text{L agua desionizada}}{\text{año}} + 27800 \frac{\text{L agua desionizada}}{\text{año}} = 83400 \frac{\text{L agua desionizada}}{\text{año}}$$

Por ultimo en el proceso de destilación osmótica se necesitan $517,5 \frac{\text{litros CaCl}_2}{\text{día}}$, que al año serán:

$$517,5 \frac{\text{litros CaCl}_2}{\text{día}} \cdot \frac{278 \text{ días}}{1 \text{ año}} = 143865 \frac{\text{litros CaCl}_2}{\text{año}}$$

Por tanto el presupuesto de los reactivos será:

Tabla 15. Presupuesto de los reactivos utilizados en el proceso de producción de zumo.

Reactivos				
Cantidad	Unidad	CONCEPTO	Precio ud.	IMPORTE
			€/ud.	€
828	ud	1000 gramos de pectina Aspergillus aculeatus	76,50	63342,00
250	ud	1000 gramos de Na ₂ SO ₃	45,00	11250,00
83400	L	Agua desionizada	1,65	137610,00
695	ud	10 litros hidróxido sódico 0,1N	92,46	64259,70
6950	ud	1 litros hidróxido de potasio	13,88	96466,00
1390	ud	5 litros ácido cítrico	27,00	37530,00
5755	ud	25 litros CaCl ₂	20,46	117747,3
TOTAL reactivos				528205,00

2.2 Materiales auxiliares

En este apartado se incluyen los materiales que no son maquinaria, ni se encuentran en las plantas de ultrafiltración y destilación osmótica. Por tanto en este apartado se encuentran:

Los tanques que suministran los tratamientos enzimáticos al proceso. Para ello se dispone de 2 tanques de 5 litros de acero inoxidable con válvula dosificadora.

Los 4 tanques refrigerados de 75 litros donde se depositan los productos obtenidos de la trituración, dos bomba que sirve para bombear el producto de estos tanques al tanque de filtrado con nylon, y de este al tanque de ultrafiltración. El tanque de 250 litros refrigerado donde se introduce el filtrado.

El contenedor donde se depositan los residuos para al finalizar la semana llevarlos a un gestor. Como los residuos a la semana se han calculado anteriormente y son $563,84 \frac{\text{Kg kiwi}}{\text{semana}}$ se dispone de un contenedor de capacidad de 600 litros.

Un tanque refrigerado de 50 litros de acero inoxidable que sirve como recambio en el proceso de ultrafiltración y destilación osmótica. Y otro de 50 litros refrigerado donde se deposita el concentrado final del proceso para llevar a la zona de envasado.

Tabla 16. Presupuesto de los materiales auxiliares usados durante el proceso.

Materiales auxiliares				
Cantidad	Unidad	CONCEPTO	Precio ud. €/ud.	IMPORTE €
2	ud	Tanque 5L con válvula en parte inferior	20,00	40,00
1	ud	Contenedor de 600L	300	300
2	ud	Tanque refrigerado 50L acero inoxidable	60	120
4	ud	Tanque refrigerado 75L acero inoxidable	85	340
2	ud	Bomba alimentación	381	762
1	ud	Tanque refrigerado 250L acero inoxidable	200	200
TOTAL materiales auxiliares				1762,00

2.3 Equipo ultrafiltración

En este apartado se va a realizar el presupuesto de la planta de ultrafiltración, en la que se incluirá también la limpieza.

La limpieza incluye dos tanques de acero inoxidable. De los cuales, un tanque es refrigerado de 100 litros para el agua desionizada, y otro tanque es calefactado de 25 litros para la disolución de NaOH 0,1N. Ambos tanques estarán provistos de válvula reguladora, termómetro y pH-metro.

Tabla 17. Presupuesto de la planta de ultrafiltración utilizada en el proceso.

Planta ultrafiltración				
Cantidad	Unidad	CONCEPTO	Precio ud. €/ud.	IMPORTE €
1	ud	Tanque refrigerado 250L acero inoxidable	200,00	200,00
2	ud	Bomba alimentación	381,00	762,00
1	ud	Válvula de presión	298,00	298,00
2	ud	Termómetro	30,00	60,00
1	ud	Caudalímetro	117,00	117,00
4	ud	Manómetro	250,00	1000,00
1	ud	intercambiador de calor	600,00	600,00
1	ud	Sistema adquisición de datos	153,00	153,00
1	ud	Balanza digital	112,00	112,00
1	ud	Tanque refrigerado 50L acero inoxidable	60,00	60,00
1	ud	Tanque refrigerado 75L acero inoxidable	85,00	85,00
2	ud	Módulo de membrana Koch	1050,00	2100,00
1	ud	Tanque refrigerado 100L con válvula reguladora	135,00	135,00
1	ud	Tanque calefactado 25L con válvula reguladora	55,00	55,00
2	ud	Termómetro para tanque limpieza	20	40
2	ud	pH-metro para tanque limpieza	50	100
TOTAL planta ultrafiltración				5877,00

2.4 Equipo destilación osmótica

En este apartado se incluye el precio de la planta de destilación osmótica, además de incluir también el precio de la limpieza.

En la limpieza se incluyen tres tanques de acero inoxidable. De ellos, un tanque es refrigerado de 200 litros para el agua desionizada, y los otros son dos tanque calefactados de 25 litros para las disoluciones de KOH y ácido cítrico. Todos los tanques estarán provistos de válvula reguladora, termómetro y pH-metro.

Tabla 18. Presupuesto de la planta de destilación osmótica utilizada en el proceso.

Planta de destilación osmótica				
Cantidad	Unidad	CONCEPTO	Precio ud. €/ud.	IMPORTE €
1	ud	Tanque 600L acero inoxidable	300,00	300,00
1	ud	Tanque refrigerado 50L acero inoxidable	60,00	60,00
46	ud	Bomba alimentación	381,00	17526,00
46	ud	Caudalímetro	117,00	5382,00
92	ud	Manómetro	250,00	23000,00
1	ud	Balanza digital	112,00	112,00
23	ud	Modulo membrana destilación osmótica	523,00	12029,00
1	ud	Tanque refrigerado 200L con válvula reguladora	185	185
2	ud	Tanque calefactado 25L con válvula reguladora	55	110
3	ud	Termómetro para tanque limpieza	20	60
3	ud	pH-metro para tanque limpieza	50	150
TOTAL planta destilación osmótica				58914,00

3 CUADRO DE PRECIOS MAQUINARIA EMPLEADA

Tabla 19. Presupuesto de la maquinaria utilizada en el proceso de producción.

Maquinaria				
Cantidad	Unidad	CONCEPTO	Precio ud. €/ud.	IMPORTE €
1	ud	Vaciador automático de bins	10000,00	10000,00
1	ud	Cinta transportadora de rodillos	5500,00	5500,00
2	ud	Cepillos de crin	120,00	240,00
2	ud	Mesa de selección	4000,00	8000,00
1	ud	Cortadora de kiwi	1500,00	1500,00
1	ud	Trituradora de kiwi	2000,00	2000,00
1	ud	Filtro de nylon de 350L	250,00	250,00
TOTAL maquinaria				27490,00

4 CUADRO DE PRECIOS MANO DE OBRA

Para obtener la mano de obra se tienen en cuenta varios factores. En el proceso de vaciado trabajan 2 operarios, en la mesa de selección hay 4 operarios, y controlando e intercambiando los tanques de la planta de ultrafiltración a la de destilación osmótica trabajan 2 operarios. Todos ellos están trabajando durante 8 horas todos los días laborales.

Y en la fábrica hay otro operario que se encarga de transportar el tanque de residuos al gestor. Su horario de trabajo es de dos horas a la semana.

Por tanto, la cantidad de horas que realizan los 8 operarios que están todos los días laborales trabajando al año son:

$$8 \text{ operarios} \cdot 8 \frac{\text{hora}}{\text{día}} \cdot 278 \frac{\text{día}}{\text{año}} = 17792 \frac{\text{hora}}{\text{año}}$$

Y el operario encargado de transportar los residuos, trabaja las siguientes horas al año:

$$2 \frac{\text{hora}}{\text{semana laborales}} \cdot 40 \frac{\text{semana laborales}}{\text{año}} = 80 \frac{\text{hora}}{\text{año}}$$

Todos los trabajadores cobran 9€/hora. Por tanto el gasto al año de tener 10 trabajadores es:

Tabla 20. Presupuesto de la mano de obra durante el proceso de producción.

Mano de obra				
Cantidad	Unidad	CONCEPTO	Precio ud. €/ud.	IMPORTE €
17792	h	Trabajadores durante proceso	9,00	160128,00
80	h	Encargado transporte residuos	9,00	720,00
TOTAL mano de obra				160848,00

5 CUADRO DE PRECIO GESTIÓN DE RESIDUOS

La gestión de residuos por cada viaje en el que se depositan al gestor 563,84 $\frac{Kg\ kiwi}{semana}$ es de 150€. Por tanto en todo el año, al haber 40 semanas, el gasto total es de:

$$150 \frac{\text{€}}{\text{semana}} \cdot 40 \text{ semanas} = 6000 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

Tabla 21. Presupuesto de la gestión de residuos obtenidos durante el proceso.

Gestión residuos				
Cantidad	Unidad	CONCEPTO	Precio ud. €/ud.	IMPORTE €
40	semana	Gestión residuos	150,00	6000,00
		TOTAL gestión de residuos		6000,00

6 PRESUPUESTO TOTAL

Tabla 21. Presupuesto total del proceso de producción.

Capítulo	CONCEPTO	IMPORTE (€)
2,1	Reactivos	528205,00
2,2	Materiales auxiliares	1762,00
2,3	Equipo ultrafiltración	5877,00
2,4	Equipo destilación osmótica	58914,00
3	Maquinaria	27490,00
4	Mano de obra	160848,00
5	Gestión de residuos	6000,00
	TOTAL Presupuesto de Ejecución Material	789096
TOTAL Presupuesto de Ejecución Material		€
	20 % Gastos generales y cargas fiscales	157819,20
	6 % Beneficio industrial	47345,76
	SUMA	994260,96
	21 % IVA	208794,80
	PRESUPUESTO TOTAL DE INVERSIÓN	1203055,76

El presupuesto total de inversión asciende, con IVA incluido, a la cantidad de UN MILLÓN DOSCIENTOS TRES MIL CINCUENTA Y CINCO CON SETENTA Y SEIS.

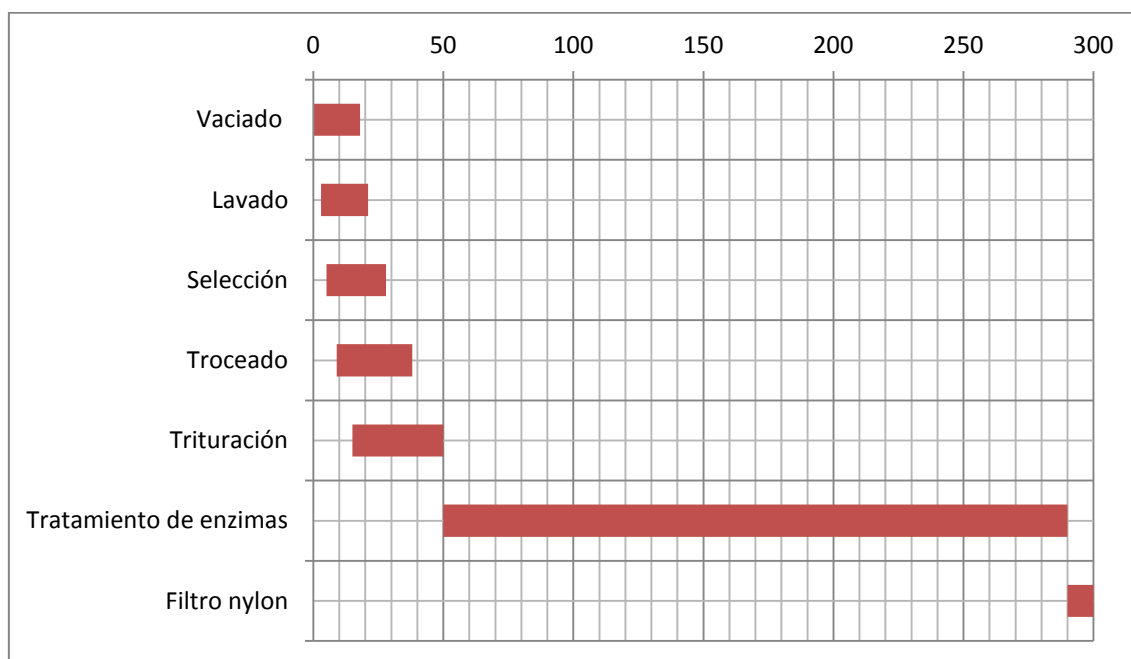
7 DIAGRAMA DE GANT

Para finalizar, se va a explicar mediante un diagrama de Gant la duración de cada parte del proceso. Para ello se ha elaborado la tabla 15, la cual muestra el tiempo de inicio y la duración de cada tarea.

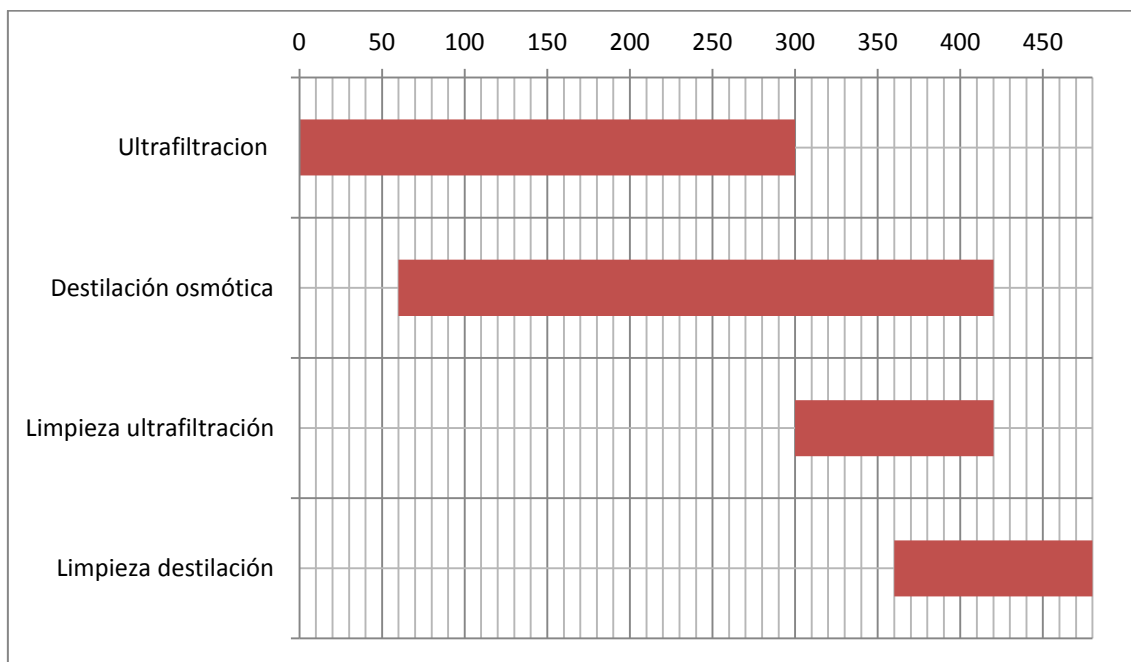
Tabla 15. Tiempo de inicio y final de cada tarea del proceso.

Trabajo	Inicio (min)	Duración (min)	Fin (min)
Vaciado	0	18	18
Lavado	3	18	21
Selección	5	23	28
Troceado	9	29	38
Trituración	15	35	50
Tratamiento de enzimas	50	240	290
Filtro nylon	290	10	300
Ultrafiltración	0	300	300
Destilación osmótica	60	360	360
Limpieza ultrafiltración	300	120	420
Limpieza destilación	360	120	480

Como el proceso de producción de zumo de kiwi se divide en dos partes, una donde se prepara el zumo a partir del fruto y otra donde se procesa para conseguir el concentrado, se ha dividido el diagrama de Gant en dos partes:



Gráfica 3. Diagrama de Gant primera parte del proceso.



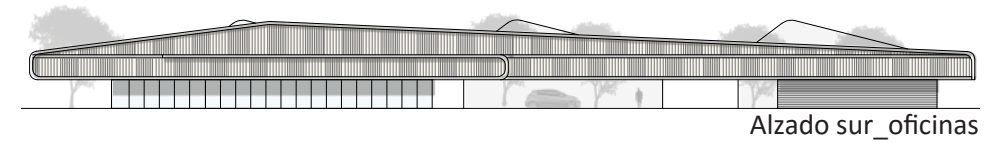
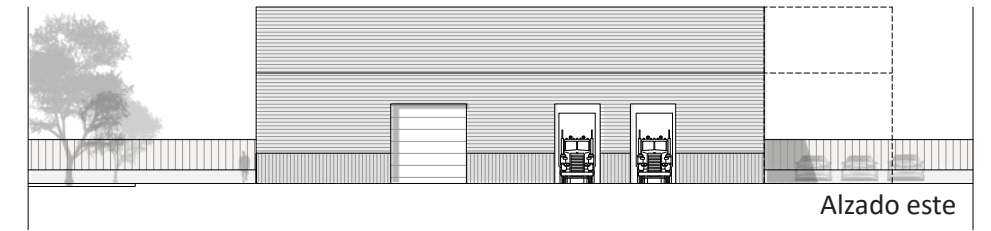
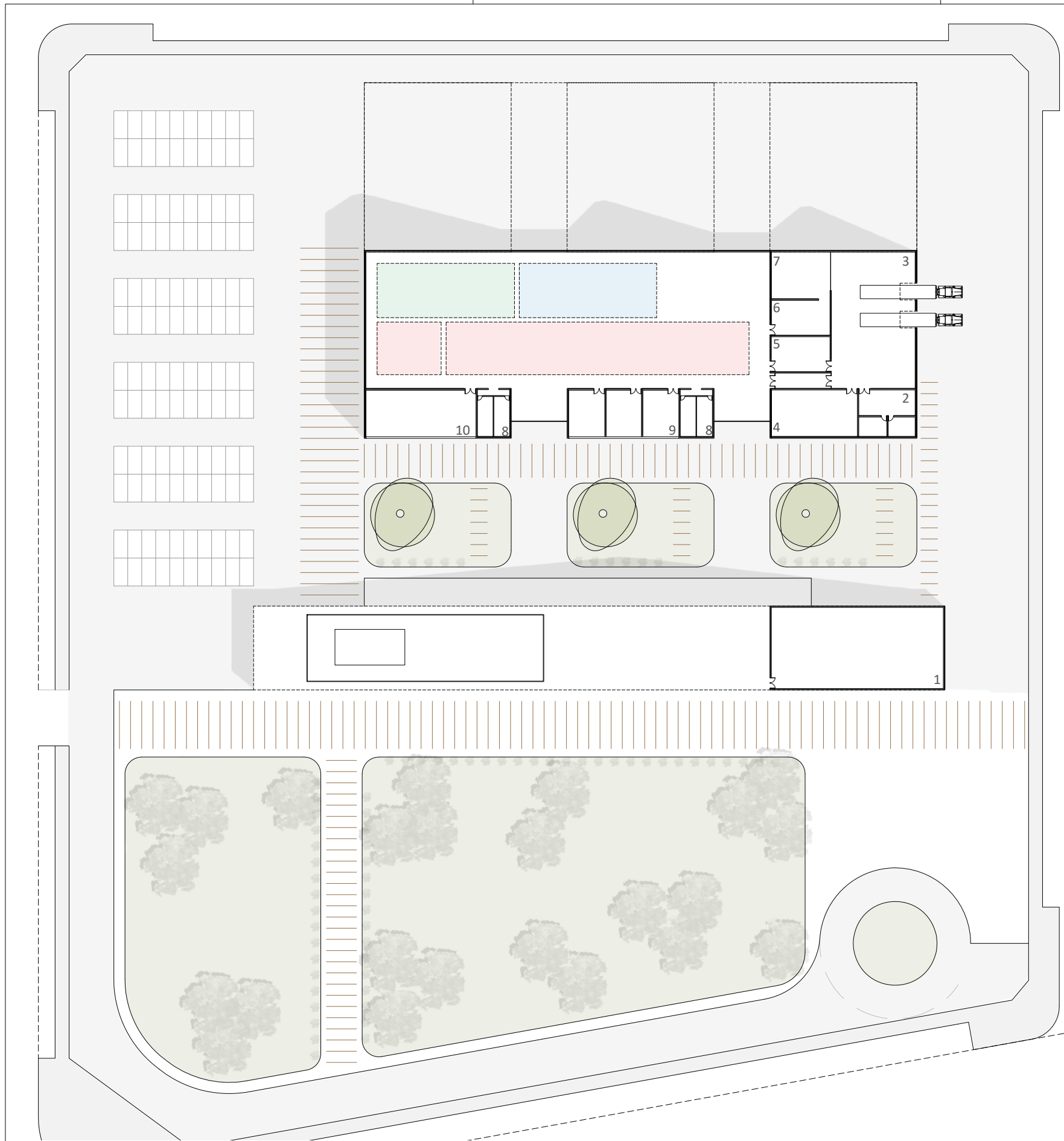
Gráfica 4. Diagrama de Gant segunda parte del proceso.

El primer diagrama, gráfica 3, aporta el tiempo que se necesita para procesar durante una hora la primera fase del proceso, que sería desde el vaciado hasta el filtrado con nylon.

El segundo diagrama, gráfica 4, aporta el tiempo de la segunda fase de todo el zumo producido el día anterior, es decir desde que comienza la ultrafiltración hasta que finaliza el proceso con el lavado de las membranas de destilación osmótica.

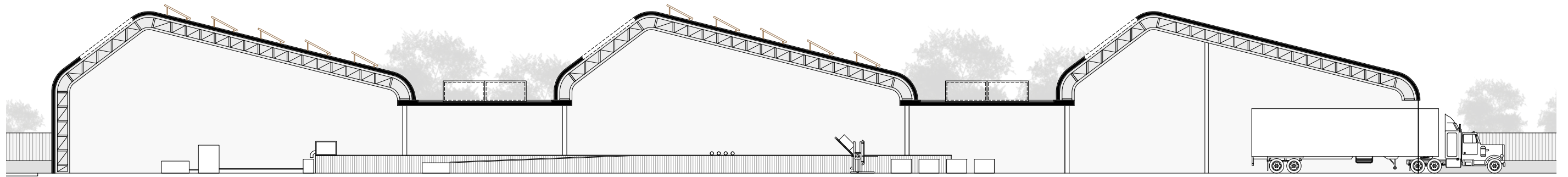
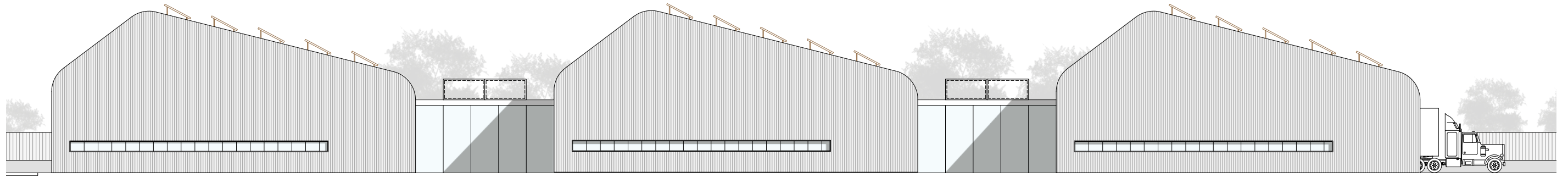
PLANOS

DOCUMENTO III

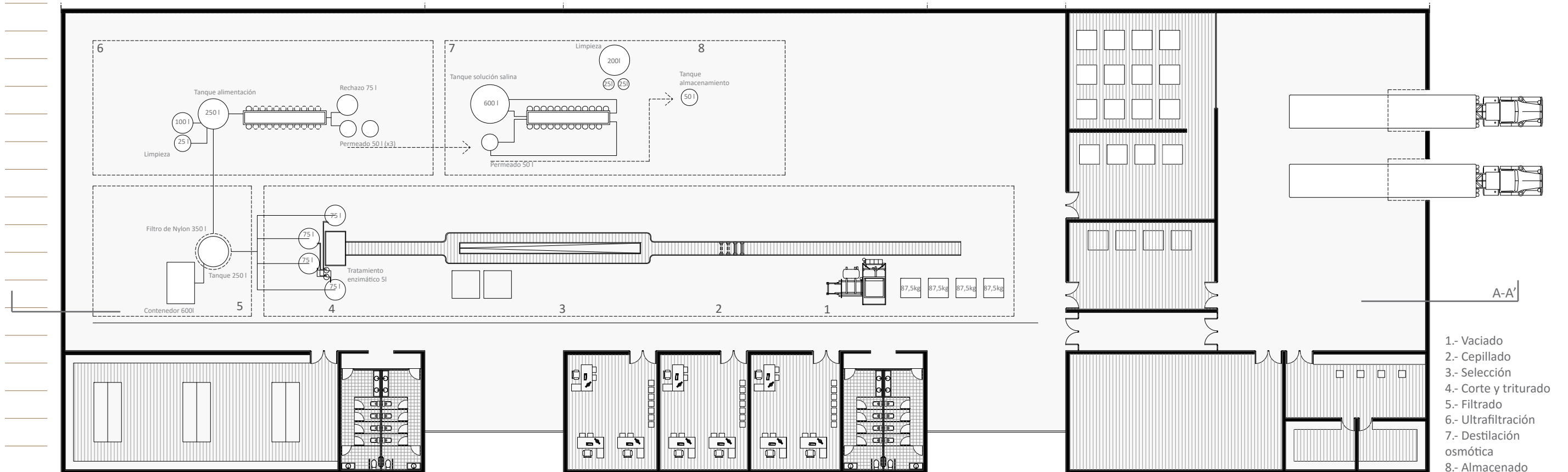


- Fase 1_Tratamiento materia prima
- Fase 2_Ultrafiltración
- Fase 3_Destilación osmótica
- ⋯⋯⋯ Crecimiento y desarrollo de la planta

- 1.- Zona oficinas
- 2.- Secretaria Nave
- 3.- Entrada/Salida mercancía
- 4.- Sala Reuniones
- 5.- Entrada producto
- 6.- Empaquetado
- 7.- Salida producto
- 8.- Aseos
- 9.- Oficinas
- 10.- Laboratorios control de calidad



Sección A-A'



- 1.- Vaciado
- 2.- Cepillado
- 3.- Selección
- 4.- Corte y triturado
- 5.- Filtrado
- 6.- Ultrafiltración
- 7.- Destilación osmótica
- 8.- Almacenado