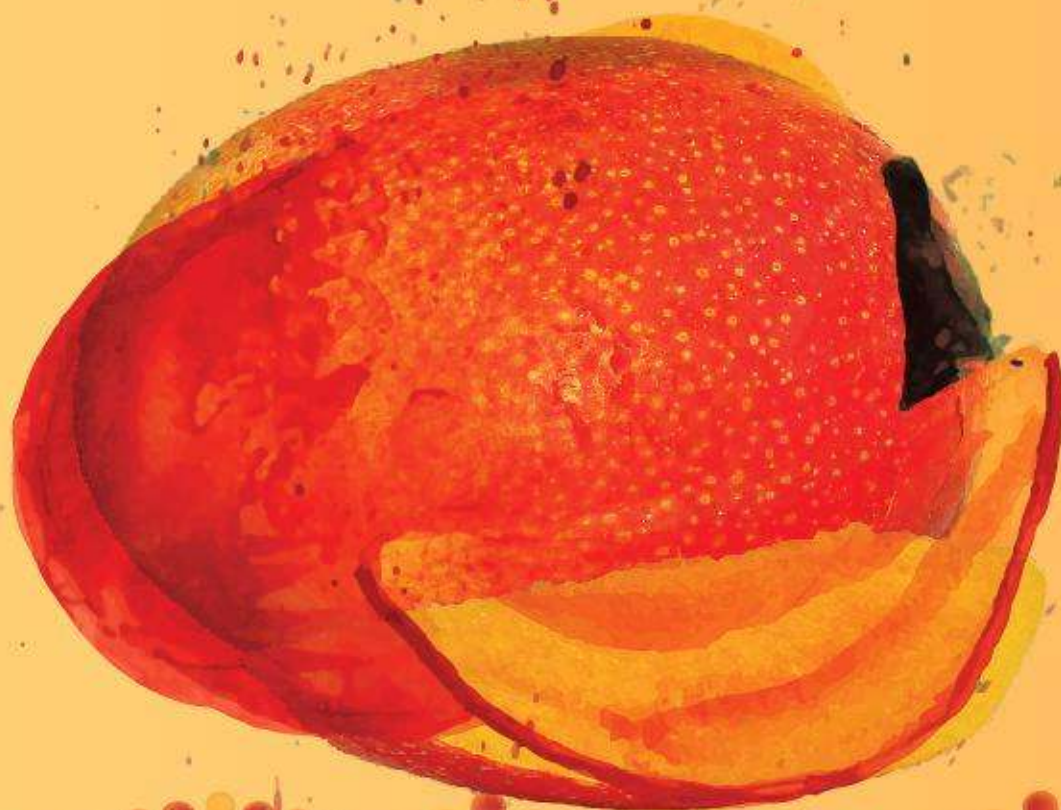


Introducción a la
Tecnología del Mango



Editora: S. J. Villanueva-Rodríguez



Primera Edición, 2016

D.R. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C.

Av. Normalistas 800, Colonia, Colinas de la Normal, 44270 Guadalajara, Jalisco México.

ISBN 978-607-97421-1-9

Diseño de portada: Jorge Valente García Hernández

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra –incluido el diseño tipográfico y de portada- sea cual fuere el medio, electrónico o mecánico, sin el consentimiento por escrito de los editores.

SINOPSIS

Si bien México se encuentra entre los primeros lugares de producción y exportación de mango a nivel mundial, la cadena productiva de mango enfrenta dificultades para el aprovechamiento adecuado del fruto en los meses de mayo a julio. Para solucionar el problema de la acumulación de producto en este período, se requieren estrategias y alternativas a todos los niveles dentro de la cadena producto-mango, que permitan canalizar adecuadamente el fruto, de manera que se capitalice el esfuerzo de los productores. Con frecuencia acumulación del fruto en las huertas, conlleva además de pérdidas económicas para los fruticultores, problemas fitosanitarios, los frutos no son cosechados y estos quedan en el árbol propiciando el desarrollo de todo tipo de plagas y enfermedades que pueden generar graves y complejos problemas para el huerto y para toda la cadena de valor.

Los impactos de esta problemática, tienen diferente magnitud en los estados productores ya que, el desarrollo y la organización de las cadenas productivas no son homogéneos en los diferentes estados productores.

Frente a lo anterior, se han planteado diversas alternativas, buscando solución a la problemática de acumulación de mango, una de tantas, fue la realización de un proyecto financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) en el sistema SIMORELOS, orientado a desarrollar paquetes tecnológicos, accesibles a fruticultores, PYMES Y MIPYMES y público en general, que les permitieran canalizar la producción de mango, extendiendo la vida útil del fruto y generando al mismo tiempo valor agregado al producto. Así pues, algunos de los casos de estudio que se presentan en este libro formaron parte del proyecto “Aprovechamiento agroindustrial de las principales variedades de mango *Mangifera Indica* L. de Jalisco, Colima, Nayarit y Michoacán en módulos de acopio y procesamiento integral”

Socorro J. Villanueva Rodríguez. Editor

4.- DISEÑO DE UNA PLANTA MULTIPROPOSITO PARA EL PROCESAMIENTO DE MANGO

Ofelia Fernández Flores, Francisco Javier Pérez Martínez
Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Unidad de Tecnología Alimentaria, Camino Arenero 1227, Col. El Bajío del Arenal, Zapopan, Jal. C.P. 45019,
ofernandez@ciatej.mx; fperez@ciatej.mx

Introducción

En este capítulo se describen las alternativas que se pueden implementar en una planta para elaborar diversos productos a base de mango. La planta se puede integrar por diferentes líneas de producción, específicas para cada familia de productos, partiendo de una línea común de recepción de la materia prima, selección, lavado, escaldado y enfriamiento. Las familias de productos a elaborar pueden agruparse en dos tipos:

- productos que requieren el corte de piezas (lonjas) de pulpa entera tales como deshidratado, en almíbar, con especias, mermelada y chutney de mango.
- productos que recurren al uso de la pulpa molida o desmenuzada como ate, salsa, néctar y mango en polvo.

4.1.- CONSIDERACIONES GENERALES

La capacidad de la planta se debe definir considerando varios factores: en

base a un estudio de mercado, a un análisis de la factibilidad técnica y económica del proyecto y a la disponibilidad de la materia prima. En algunas ocasiones también puede influir la capacidad de los equipos de línea existentes en el mercado.

La oferta de equipo de línea existente en el mercado aplicable al procesamiento de mango, es básicamente el que se emplea en general para el procesamiento de frutas, sobre todo para los productos de pulpa desmenuzada, ya que las pulpas de diversas frutas se comportan de forma similar.

El diseño de las líneas de producción, su equipamiento y el grado de automatización está en función de la capacidad de producción requerida.

Como ejemplo en este capítulo se presentan el diseño de una planta con capacidad para procesar hasta 1 t/h de materia prima, partiendo de una línea común de preparación y derivándose en 5 líneas que pueden producir en forma alterna hasta 9 diferentes productos, los cuales se deben seleccionar dependiendo de la demanda y posibilidad de establecer un esquema de producción apropiado.

Con respecto a la materia prima que se va a procesar se debe considerar como punto de partida la definición de las características adecuadas de madurez y calidad para cada producto en particular (capítulo I materia prima). Por ejemplo los productos que utilizan las lonjas de pulpa de mango, requieren un menor grado de madurez del fruto que para los productos de pulpa desmenuzada, ya que es necesario que las piezas cortadas tengan suficiente

4.- DISEÑO DE UNA PLANTA MULTIPROPÓSITO PARA EL PROCESAMIENTO DE MANGO

firmeza para evitar que se deterioren durante su manejo para el envasado y para proporcionar las características deseadas en el producto final que el consumidor va a apreciar.

Por otra parte, cada producto requiere un tipo de envase específico, por lo que las líneas de envasado son específicas para cada grupo de productos. Para los productos pulposos o pastosos, el envase más común y que proporciona características comercialmente atractivas es el frasco de vidrio en diferentes presentaciones. Para los productos sólidos como los deshidratados o el ate, es más adecuada la bolsa de materiales plásticos. El producto en polvo normalmente no está destinado a ser utilizado por el consumidor final, sino que se emplea como ingrediente en la manufactura de otros productos alimenticios cuya base es el mango, por lo que es adecuado distribuirse en envases institucionales como sacos de papel kraft multicapa o bolsas plásticas contenidas en tambores, taburetes o cajas de cartón, plástico, o lámina (tipo “bag in box”).

Con respecto a los rendimientos de producción, estos dependen principalmente del producto a elaborar, de la variedad de mango a procesar y de su estado de madurez.

En la tabla No. V.1 se muestra la composición general del mango según la variedad y en la tabla No. V.2 los rendimientos de producción esperados para los diferentes productos en base a la variedad de mango utilizado

Tabla No.4.1 Composición general del mango según la variedad

Mango Variedad	%pulpa	% cáscara	% hueso
Criollo	45.66	26.51	27.83
Haden	54.25	28.99	16.76
Diplomático	54.04	27.54	18.42
Manila Oro	58.29	24.68	17.03
Manila Rosa	61.89	23.31	14.80
Ataulfo	61.72	23.76	14.52
Tommy Atkins	67.34	21.85	10.81
Kent	68.80	20.80	10.40
Keitt	69.34	19.96	10.70

Tabla No.4.2 Rendimiento de producción de los diferentes productos en base a la variedad de mango

PRODUCTO	Mango variedad	Materia prima kg	Producto kg	Rendimiento %
Elaborados con pulpa desmenuzada				
Néctar de mango	Haden	220	426.6	193.9%
Salsa de mango	Kent	350	467.7	133.6%
Ate de mango	Manila			
	Oro	450	400	88.9%
Mango en polvo	Manila			
	Oro	400	46.4	11.5%
Elaborados con pulpa troceada				
Mango con especias	Haden	500	612.4	122.5%
Mango en almíbar	Kent	500	497	99.3%
Chutney de mango	Criollo	480	462.7	96.4%
Mermelada de mango	Manila			
	Oro	450	398.6	88.6%
Mango deshidratado	Kent	500	70	14.0%

4.- DISEÑO DE UNA PLANTA MULTIPROPÓSITO PARA EL PROCESAMIENTO DE MANGO

4.2.- DIAGRAMA DE BLOQUES

Los procesos de producción suelen esquematizarse mediante un diagrama de flujo en bloques (ver fig. 4.1). Estos son esquemas de todo el proceso, que indican las diferentes etapas de fabricación. Existen distintos diagramas de flujos, siendo el más utilizado el de bloques o rectángulos. En ellos cada etapa del proceso se representa por un rectángulo o bloque, que tiene entradas y salidas para indicar el sentido del flujo de los materiales. Sobre cada uno de los rectángulos se suele escribir la operación unitaria que representa.

De esta manera podemos visualizar rápidamente las diferentes líneas de proceso que se tendrán y las interacciones o correlaciones que pueda haber entre ellas, así como los productos que saldrán y las materias primas, materiales o insumos que se requerirán.

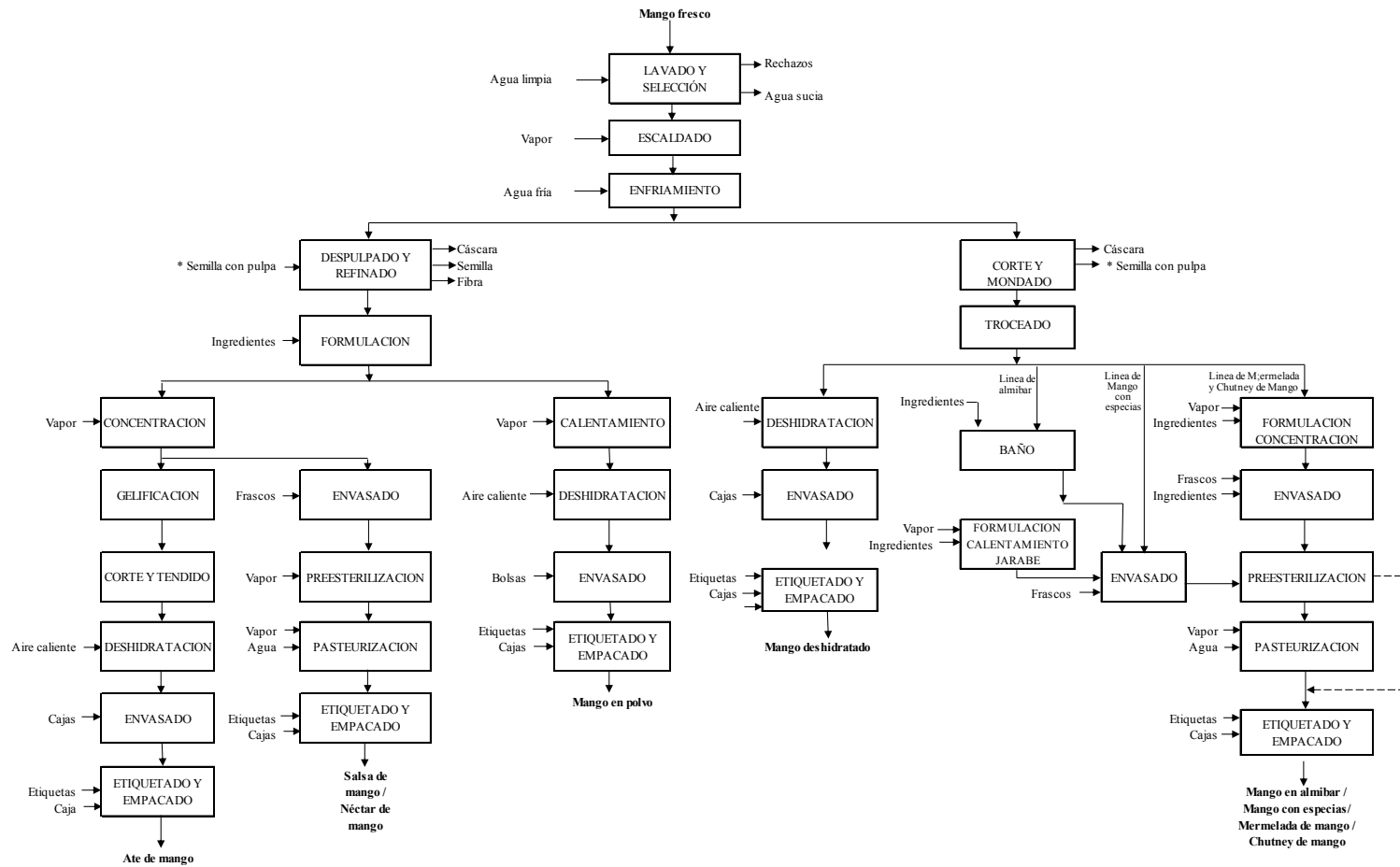


Fig. 4.1. Diagrama de flujo general para el procesamiento de mango

4.- DISEÑO DE UNA PLANTA MULTIPROPÓSITO PARA EL PROCESAMIENTO DE MANGO

4.3.- BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA

Una vez definida la capacidad de la planta y el diagrama de flujo del proceso, se realiza el balance de materia y energía para las líneas de procesamiento de cada producto, el cual se puede realizar tomando de base el diagrama de bloques elaborado y en cada bloque o rectángulo se calculan las entradas y salidas para indicar el sentido y la cantidad de flujo de materia o energía involucradas en cada operación unitaria o etapa del proceso. Si el diagrama de bloques se dibuja sobre una hoja de cálculo electrónica, allí mismo se pueden realizar los cálculos de balance incluyendo las fórmulas que se requieran en las celdas de cálculo. La figura 4.2 muestra un ejemplo de balance sobre el diagrama de bloques de una línea de proceso, para la obtención de mango deshidratado, tomando como base una tonelada de mango a procesar.

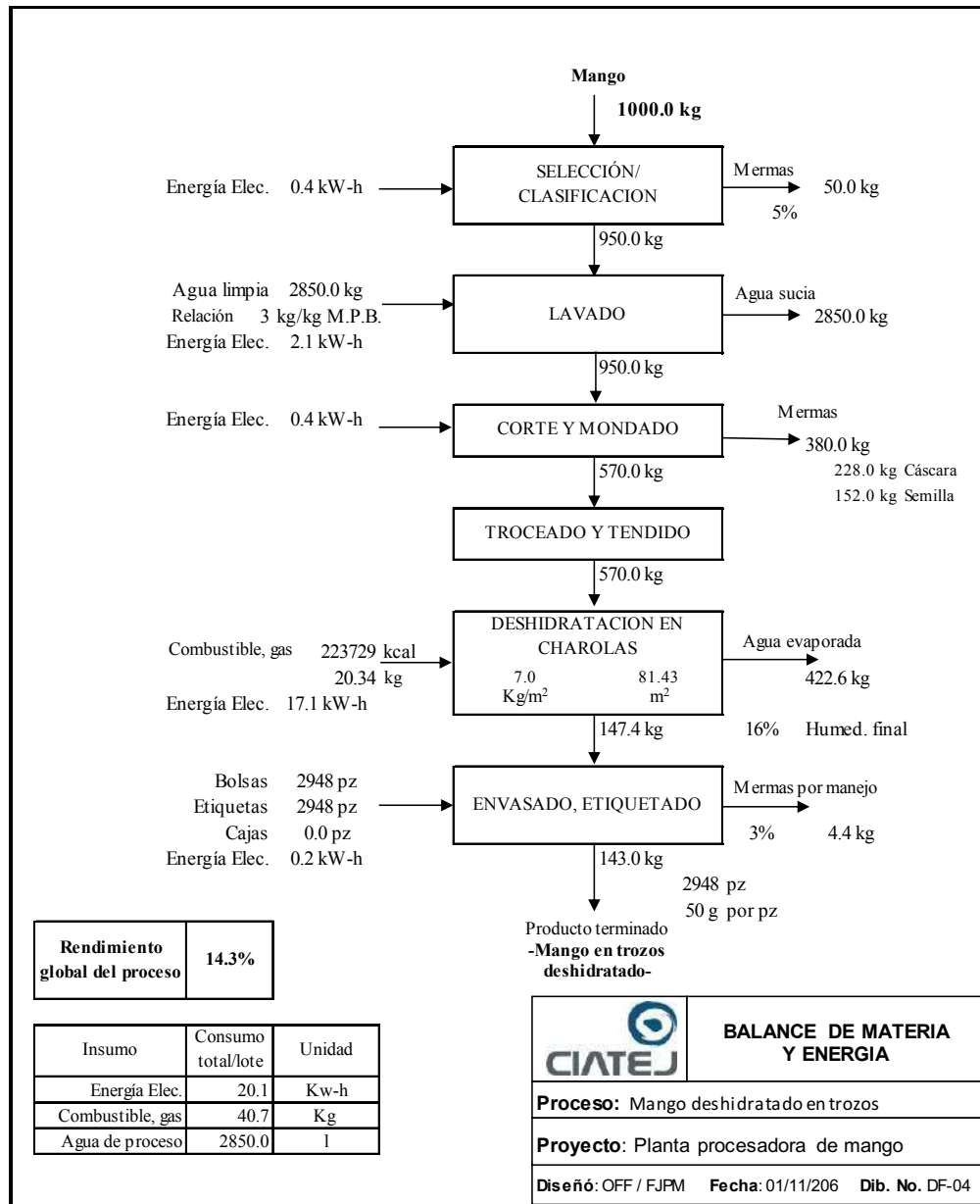


Fig.4.2. Balance de Materia y Energía para línea de deshidratado de mango, base 1 ton de materia prima procesada

4.- DISEÑO DE UNA PLANTA MULTIPROPÓSITO PARA EL PROCESAMIENTO DE MANGO

4.4.- DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS

De acuerdo a las etapas de proceso o bloques de operaciones establecidas en el diagrama de flujo de la fig. 4.1, a continuación se describen cada uno de ellos y los equipos de proceso factibles de implementar para integrar cada línea de producción.

i. Cosecha

El carácter estacionario y el corto periodo de cosecha son los obstáculos más importantes para la industrialización del mango, en México el período comprende de febrero a septiembre, dependiendo de la variedad y la región, además de que el precio unitario es flotante, ya que se observan precios altos al inicio y final de temporada.

Como solución a este problema, las plantas industrializadoras son diseñadas generalmente para procesar diferentes frutas, ajustando su esquema de producción dependiendo del calendario estacional de las frutas.

La cosecha de la materia prima normalmente es realizada por el propio productor del campo y es entregada al industrializador bajo especificaciones previamente definidas. En algunas ocasiones la cosecha la puede realizar el industrializador bajo acuerdo con el productor. O puede ser que el industrializador sea a su vez productor y de esta manera controla toda la cadena.

El fruto que es cosechado en los huertos debe tener las características apropiadas para ser procesado, en función del tipo de producto a elaborar. Generalmente debe estar sazón o en el punto de madurez fisiológica, capaz de llegar a elevar su contenido de azúcares, transformar su firmeza y color de manera homogénea a niveles que lo hagan comercialmente aceptable. Algunos productos en particular como el chutney, se requiere que el mango sea verde. Los frutos sobre maduros no deben utilizarse, ya que al ser sometidos a los tratamientos térmicos se destruye la textura del producto a elaborar.

4.- DISEÑO DE UNA PLANTA MULTIPROPÓSITO PARA EL PROCESAMIENTO DE MANGO

La recolección de los frutos en las huertas se realiza manualmente y se coloca en cajas plásticas caladas en las que se transporta hasta la planta procesadora, minimizando su deterioro por golpes. Una práctica común es transportar el fruto a granel, pero el riesgo de daño físico es mayor y atenta contra la calidad de los productos y el rendimiento de producción en la planta procesadora.

ii. Recepción en planta

Al ser recibida la materia prima en la planta se muestrea para inspeccionar su calidad en base a los estándares previamente establecido, ya que la calidad de la misma influye directamente en el rendimiento y calidad del producto. Si la materia prima recibida no cumple con los parámetros de calidad, debe ser rechazada. La materia prima aceptada se procede a pesarla. El tamaño de la báscula dependerá de la capacidad de la planta, pudiendo ser plataformas para producto en cajas y tarima, normalmente de 1 a 2 toneladas, o bien si la planta es de una capacidad grande, en la cual se reciben decenas de toneladas, es muy aconsejable disponer de una báscula de plataforma para camiones, analizando previamente si la inversión es justificable, pudiendo ser una opción contratar el servicio de pesado con algún proveedor que disponga de báscula pública en un lugar cercano a la planta.

El diseño de la planta deberá tomar en cuenta la logística en la recepción de la materia prima para determinar el espacio necesario de almacén temporal y de ser necesario bajo condiciones de temperatura y humedad controlada, si es que no se pudiera procesar inmediatamente la materia prima recibida.

iii. Lavado

El primer paso del procesamiento del mango es el lavado, para separar la tierra y materiales extraños, residuos de pesticidas, y reducir la carga bacteriana presente en los frutos. Además en un fruto limpio se incrementa la eficiencia de los procesos térmicos, pues se parte de una carga microbiana menor a aquella con la que se recibe del campo y se tiene mayor facilidad en la penetración del calor.

El equipo más común para el lavado de frutos, (fig. 4.3.) consta de dos etapas; un lavado por inmersión del fruto y un lavado-enjuague por aspersion. El primero consiste en vaciar el mango en una tina con agua, la cual es agitada por recirculación de ésta o con inyectores de aire. El fruto sale de la tina mediante un transportador donde, de nuevo es lavado por aspersion de agua a presión y además se puede hacer un cepillado del fruto junto con la aspersion. La limpieza del producto se acompaña de desinfectantes donde la eficacia de los diferentes tratamientos depende del tipo y concentración del sanitizante, del tiempo de exposición al mismo, de la naturaleza del microorganismo a remover, del tipo de vegetal a desinfectar, del pH y de la temperatura del agua de lavado (González R.J y col. 2005: FDA, 2001)

El vaciado del mango puede ser manual si la cantidad a procesar es moderada, sin embargo para volúmenes mayores se pueden utilizar volteadores mecánicos para vaciar las cajas sobre la tina con agua de la lavadora.



Fig. 4.3 Lavadora de inmersión-aspersión

iv. Selección

Esta operación permite inspeccionar la materia que se procesará y retirar todo aquel material que no sea apto, por ejemplo detectar y apartar materiales extraños tales como hierbas, cáscaras, mango sobre maduro, inmaduro, defectuoso, magullado, marchito, decolorados, mohosos o cualquier otro defecto que haya sido previamente definido. Normalmente esta operación se lleva a cabo manualmente, mediante la inspección visual y retiro manual del material a desechar por parte de un grupo de operarios que trabajan a los lados de una mesa y por la cual es transportado el material sobre una banda central fig. V.4. Los desechos se pueden colocar en depósitos dispuestos al lado de cada operador o transportarlos mediante una segunda banda dispuesta más arriba de la primera banda (banda de rechazos) que conducirá el material fuera del área de trabajo.



Fig. 4.4 Transportador de inspección y selección con tolvas de rechazos

v. Escaldado

Existen diferentes alternativas para el escaldado de frutas, si las reacciones enzimáticas de un fruto expuesto al aire son rápidas se opta por tratar térmicamente al fruto antes de cortarlo o triturarlo. Este procedimiento se lleva a cabo en tinas de inmersión en agua caliente, o en escaldadora continua de inmersión fig 4.5, depende de la capacidad de la línea.

La finalidad del escaldado del mango para fabricar polvo, ate, néctar y salsa de mango es el de ablandar la cáscara y pulpa para facilitar el despulpado, además el de inhibir la acción enzimática, pues la enzimas naturales reaccionan con el oxígeno dando lugar a pigmentaciones oscuras, decoloración, pérdida de calidad y disminución del valor nutritivo en el producto final. En cuanto a la fabricación de productos con pulpa picada se recomienda realizar un escaldado con agua caliente a 80-90° durante 1 a 3 minutos, dependiendo del grado de madurez y tipo de cáscara. Se recomienda un enfriamiento posterior al escaldado para poder manejar manualmente el fruto (Becerra y Marín, 1975). Para ello se utilizan tanques de enfriamiento con agua corriente y transportador para sacar la fruta o por simple aspersión de agua fría sobre la banda transportadora del fruto.



Fig. 4.5 Escaldadora continua de inmersión

vi. Corte y mondado

Estas operaciones permiten retirar las partes no deseables del fruto como son cáscara, semilla, hoyos, algunos defectos mecánicos o de apariencia, etc. Es una operación manual que puede ser realizada en mesas de trabajo con cubierta de acero inoxidable o en mesas de trabajo con banda similar a las bandas de inspección fig. 4.6



Fig. 4.6 Banda Transportadora

vii. Troceado

Para varios de los productos a elaborar se requiere de una presentación en trozos, como por ejemplo para la elaboración de mango deshidratado, chutney, mango en almíbar, mango con especias y mermelada. Si bien el troceado se puede realizar manualmente con cuchillo, es mejor realizarlo mecánicamente con máquinas rebanadoras o picadoras, lo cual permite un tamaño más uniforme, que favorece la penetración del calor en los procesos térmicos y facilita el llenado de envases. Dependiendo de la capacidad requerida, las máquinas rebanadoras pueden ser semiautomáticas, fig. 4.7-1, por lo regular para capacidades por debajo de 1 tonelada por hora, donde el operador alimenta manualmente las piezas a rebanar (en este caso “lonjas” de mango); o automáticas cuando se procesa más de 1 ton/hr fig.4.7-2 donde las lonjas de mango son alimentadas por un transportador.



Fig. 4.7-1 Picadora semiautomática Fig. 4.7-2 Picadora automática

viii. Despulpado

Para elaborar mango en polvo, néctar, salsa y ate de mango se requiere preparar una pasta con la pulpa del mango y esto se lleva a cabo en un equipo despulpador, fig. 4.8, donde el mango, ya escaldado, es introducido y mediante paletas, es tallado sobre la pared de un tambor de malla o lámina perforada de acero inoxidable pasando a través de los orificios solo la pulpa que ha sido desmenuzada, separándola así de la cáscara y semilla, que avanzan a lo largo del tambor para ser expulsadas por el extremo final, en tanto que la pulpa que pasó a través de los orificios del tambor, cae sobre la tolva inferior del equipo. Es importante ajustar adecuadamente las paletas que tallan el producto sobre el tambor para evitar que se destruya la corteza fibrosa que cubre a la almendra de las semillas ya que al hacerlo, la almendra puede transmitir un sabor amargo al producto final.



Fig.4.8-1 Despulpador



Fig. 4.8-2 Tambores de criba de los despulpadores: izq. Tipo recto, der. Tipo cónico

4.- DISEÑO DE UNA PLANTA MULTIPROPÓSITO PARA EL PROCESAMIENTO DE MANGO

ix. Refinación de la pulpa

El principio de operación del equipo para la refinación es similar al del despulpador, de hacer pasar la pulpa de mango a través de un tamiz de un tamaño de orificio menor al utilizado en el despulpado, de manera que sólo permita el paso a la parte pulposa y no de la fibra.

Generalmente esta operación se realiza en dos o tres etapas. En cada etapa el diámetro de la malla es menor, logrando de esta manera una mejor eficiencia y grado de refinación.

El equipo consiste básicamente de un rotor con paletas o rasquetas que impulsan la pulpa contra un estator constituido por la malla tamizante. Estas pueden ser verticales u horizontales y por lo general la malla es intercambiable para ajustar al tamaño de orificio deseado. La dos o tres etapas se ofrecen casi siempre montadas en cascada.

Existen en el mercado diseños vanguardistas que tratan al producto en forma suave para evitar que las partes de semillas y cáscara que vienen con la pulpa se trituren y pasen por la malla. Obviamente las mermas de la refinación suelen ser mayores, pero la calidad de la pulpa también.

x. Formulación

Para diversos productos a elaborar se requiere incorporar algunos otros ingredientes a la pasta de mango, bajo cierta receta o formulación diseñada específicamente para cada producto. Normalmente estas preparaciones se hacen por lotes en un depósito con agitación, con la posibilidad de calentar el producto para mejorar la disolución e incorporación de los ingredientes. Un equipo muy utilizado para ello son las marmitas agitadas, fig. 4.9, por disponer de camisa de calentamiento a vapor y tener una superficie

lisa continua de fácil limpieza y factible de adaptar un agitador con paletas de teflón que se ajustan al fondo para tallar continuamente el producto y evitar el sobrecalentamiento en la superficie. Si el producto se concentrará como en el caso de la mermelada, la formulación se hace sobre el propio evaporador que tiene la misma configuración de la marmita en su fondo, pero es completamente cerrado para aplicar vacío y realizar la evaporación a menor temperatura. Esta operación además de la preparación de mermeladas, para la preparación de chutney, salsa, ate, néctar y pulpa a deshidratar para obtener mango en polvo.



Fig. 4.9 Marmita con camisa de vapor y agitador: izq. Agitador de propela; der. Agitador de pared raspada

xi. Concentración

En la concentración se disminuye la humedad de los productos mediante la evaporación parcial del agua contenida en la mezcla y ésta operación se lleva a cabo para la elaboración de productos como mermelada, chutney, salsa, ate, néctar y mango en polvo.

La tecnología existente para la evaporación parte de un mismo principio: calentar el producto hasta ebullición para que se desprenda el agua contenida en forma de vapor. Generalmente, la ebullición se realiza a presión menor a la atmosférica, es decir a vacío, siendo así la temperatura de ebullición menor a 100°C. Aunque el principio es sencillo, existen diversos diseños de los equipos que realizan esta operación, buscando la máxima eficiencia en el consumo de energía.

Cuando los volúmenes de producción no son elevados y por razones de programación de la producción, se suele optar por sistemas que trabajan en lotes (“batch”), pero la eficiencia energética no se puede esperar alta, porque implica mucha pérdida de calor por el enfriamiento del sistema entre cada lote de producción., además la dinámica de la operación es diferente a la de un sistema en continuo y el producto puede estar sujeto a otros efectos como puede ser un calentamiento no uniforme y prolongado, que repercute en la calidad del producto. Sin embargo, estos sistemas representan una relativa sencillez de operación. Los coeficientes de transmisión de calor en los evaporadores por cargas tipo bola, fig. 4.10-1, son modestos y por lo tanto los tiempos de evaporación son prolongados.

Los equipos continuos ofrecen una operación más eficiente con ciertas ventajas en cuanto a los fenómenos de transporte y facilitan el cuidado de la calidad del producto. Dada las características de las pulpas de frutas, los diseños más difundidos son fundamentalmente los evaporadores de circulación forzada fig. 4.10-2 a través de intercambiadores de calor tubulares. La ventaja que tiene este diseño es que la ebullición no se lleva a cabo dentro de

los tubos por efectos de la presión hidrostática y por tanto el fenómeno de incrustación de la superficie calentante prácticamente es nulo.



Fig. 4.10-1 Evaporador a vacío
por lotes



Fig. 4.10-2 Evaporador de
calentador externo

xii. Deshidratación

El proceso de deshidratación del mango consiste en retirar mediante un flujo de aire caliente una cantidad considerable de agua de la pulpa del fruto fresco hasta alcanzar una humedad menor al 7% en la cual el producto ya no es susceptible de pudrición, debido a que la humedad residual no permite el desarrollo de microorganismos.

Para la deshidratación de pulpa en trozos se utiliza un deshidratador, que consiste en una cámara fig. 4.11-1 o túnel fig. 4.11-2 donde se introduce el producto extendido en charolas, que son colocadas sobre góndolas las cuales se introducen en la cámara o túnel de deshidratación. Dentro de la cámara o túnel se hace circular aire caliente que se encarga de secar el producto.

4.- DISEÑO DE UNA PLANTA MULTIPROPÓSITO PARA EL PROCESAMIENTO DE MANGO

Para la deshidratación del mango en polvo se utiliza un secador de aspersión fig. 4.11-3. que consiste en una cámara de secado, donde se pulveriza la pulpa de mango refinada que entra en contacto con el flujo de aire caliente, donde se evapora rápidamente el agua a causa de la gran superficie específica de las gotas, quedando un producto seco en forma de polvo, el producto que es arrastrado por el aire es separado mediante un separador centrífugo de partículas tipo ciclón.

De esta manera, los productos deshidratados pueden conservarse sin la necesidad de refrigeración, simplemente asegurando que se envasen en un material que no permita el paso de la humedad del medio ambiente hacia el producto, ya que éste la puede absorber fácilmente y deteriorarse.

Los productos deshidratados ofrecen una magnífica alternativa para la conservación de alimentos perecederos ya que no se requiere la adición de conservadores químicos, además de reducir substancialmente el peso del producto, lo cual reduce a su vez el costo de transportación.



Fig. 4.11-1 Cámara de deshidratación



Fig. 4.11-2 Túnel de deshidratación Fig.4.11-3 Secador de aspersion

xiii. Limpieza de los envases

Los frascos, tapas y envases en general, deben ser inspeccionados y enjuagados con agua caliente a 75°C , sin utilizar jabón, para eliminar cualquier material extraño que pudiera estar presente y reducir la carga bacteriana antes de usarse. Aun cuando muchos proveedores aseguran la sanidad de sus envases, normalmente la logística de su manejo y almacenamiento pueden provocar contaminaciones, por eso es recomendable lavarlos. Los frascos de vidrio se lavan mediante duchas de agua caliente introduciendo los envases invertidos a la cámara de lavado mediante un transportador, fig. 4.12. Este equipo suele integrarse a la línea de envasado.



Fig. 4.12 Lavadora de envases

xiv. Envasado

Los productos como el néctar, chutney, salsa, mermelada, mango en almíbar y mango con especias, se envasan en caliente, cuando el producto tiene como mínimo una temperatura de 75°. Esto ayuda a alcanzar la temperatura de cierre más rápidamente y permite asegurar mínimas cargas microbiológicas presentes en los productos, lo cual facilita su posterior tratamiento de esterilización en su caso, Para evitar el choque térmico del envase de vidrio con el producto caliente, el envase debe estar aún caliente después de salir de la enjuagadora con agua caliente. Los equipos utilizados para el llenado de frascos con líquidos son los que se muestran en la fig.4.13-1 y 4.13-2.



Fig. 4.13-1 Envasadora o



Fig. 4.13-2 Envasadora agregadora de viscosos
lineal para líquidos

Los productos que no son fluidos como el ate o el mango deshidratado, son envasados normalmente de forma manual en bolsas de material plástico con las características apropiadas de acuerdo a su presentación comercial. En caso de producciones elevadas que requieran la mecanización de esta operación, habría que diseñar equipos especiales o

adaptaciones a equipos de línea que permitan el manejo específico de cada producto en cuestión.

En el caso del mango en polvo, es envasado en bolsas de papel kraft multicapa recubierta con capacidad que suele ser de 25 kg/bolsa.

xv. Exhaustado

El exhaustado o pre-esterilización de los frascos de vidrio con producto antes de ser cerrados con la tapa, consiste en el calentamiento del producto para desplazar el aire ocluido, así como gases intracelulares y los ubicados en el espacio de cabeza antes de cerrar. El aire del espacio de cabeza es desplazado por vapor de agua de manera que al cerrar el frasco y condensarse el vapor de agua, se crea un vacío dentro del mismo que es lo que contribuye a prevenir reacciones de oxidación, que traen como consecuencia pérdida de color, sabor y contenido vitamínico del producto, además de permitir una vida de anaquel más prolongada y prevenir la corrosión en la tapa. Esta operación se realiza introduciendo los frascos en un túnel de vapor (también llamado túnel de agotamiento).

El túnel de agotamiento fig. 4.14 consiste en un transportador de tablillas resistentes al calor que acarrea los frascos de vidrio dentro de un túnel en el que se está inyectando vapor vivo, de manera que se mantiene una temperatura de alrededor de 90°C. En el exhaustado es importante cuidar el punto frío que se encuentra en el centro del producto y es la parte que tarda más para alcanzar la temperatura recomendada de 75°C como mínima antes de ser tapado, logrando el vacío apropiado para el procesamiento térmico. Esto depende del tamaño del envase, ya que la penetración del calor hasta el centro del producto es básicamente por conducción debido a que se trata de productos pastosos o con sólidos en el

seno del líquido. En base a esto y a la capacidad de producción deseada, se debe calcular la longitud del túnel y velocidad de la banda transportadora.



Fig. 4.14 Túnel de Agotamiento o Exhauster

xvi. Sellado

Los frascos deben cerrarse herméticamente aun estando calientes, para sellarlos y evitar la entrada de aire, obteniendo así un buen vacío. Se debe de hacer lo más rápido posible al salir los frascos de vidrio del túnel de agotamiento. Para esta operación se utiliza una máquina cerradora de frascos, que controla el torque de cierre de la tapa y se coloca normalmente en línea con la banda transportadora de los frascos que provienen del túnel de agotamiento y auxiliándose de una mesa de acumulación de frascos para darle continuidad al proceso.

En el caso de los productos sólidos, el cerrado de las bolsas plásticas se realiza con calor y debe hacerse inmediatamente después de ser llenadas.

xvii. Tratamientos térmicos

En el procesamiento de alimentos se pueden aplicar básicamente dos tipos de tratamientos térmicos para abatir la carga microbiológica: Pasteurización o llenado en caliente (aplicación de calor moderado) y esterilización (aplicación de calor elevado), dependiendo

esto del tipo de producto a envasar.

El pH y la actividad de agua (derivada de su concentración de sólidos) de los alimentos a envasar son factores críticos para la decisión sobre el tratamiento térmico requerido. El pH de 4.6 se ha definido como el límite divisorio entre los alimentos ácidos y alimentos de baja acidez. En los alimentos acidificados, con pH 4.6 o menores, el ácido inhibe a las esporas y el calor moderado es suficiente para destruir todas las bacterias que no forman esporas y todas las formas vegetativas de bacterias. (Gavin A. y Weddig L. 2007). Los dos métodos más comunes de tratamiento térmico moderado para alimentos acidificados son el llenado en caliente y la pasteurización.

Llenado en caliente. En este caso el producto se calienta antes de ser envasado, se le envasa caliente y se sella inmediatamente el envase, invirtiéndolo o inclinándolo para que la tapa reciba también el calor del producto. Dependiendo del producto, debe mantenerse por un tiempo y a una temperatura definidos, para luego enfriarlos. El calentamiento del producto normalmente se logra durante su procesamiento, ya sea formulación, concentración, etc., y se complementa en caso necesario, calentándolo por lotes en tanques agitados con camisa de vapor; o cuando el proceso es continuo, mediante intercambiadores de calor ya sea tubulares o de placas.

Pasteurización. Este método consiste en calentar el producto envasado, mantenerlo caliente cierto tiempo y luego enfriarlo. El procedimiento consiste en colocar el producto en el envase (puede ser estando frío o con cierto nivel de calentamiento), cerrarlo herméticamente y entonces sumergirlo en agua caliente que calienta el envase y su contenido. Este proceso se efectúa durante un determinado período de tiempo a temperaturas específicas según el producto, para asegurar la destrucción de los microorganismos.

La esterilización se utiliza para alimentos con bajo contenido de ácido con pH por arriba de 4.6, las altas temperaturas deben aplicarse para matar las esporas de *C. botulinum* o las esporas de otras bacterias que producen deterioro del alimento, por lo tanto, estos alimentos deben procesarse a altas temperaturas y bajo presión. (Gavin A. y Weddig L. 2007)

Los sistemas comerciales utilizados para la esterilización están en tres categorías, por lote, continuo o aséptico, donde el sistema continuo y por lotes se aplica cuando el producto está previamente envasado y el aséptico se utiliza antes de colocar el producto en el recipiente o envase.

En cualquier caso, en el tratamiento térmico de los productos envasados es muy importante calcular la temperatura y tiempo de tratamiento térmico en base al tiempo necesario para llegar a la temperatura requerida que elimine a los microorganismos patógenos en el punto más frío.

Para los productos que ejemplifican este capítulo no se utiliza la esterilización, solo el método de calentamiento moderado.

Esta operación se puede llevar a cabo en un tanque abierto o autoclave sin presurizar con agua caliente donde se introducen los frascos en canastillas fig. 4.15



Fig. 4.15 Autoclave

xviii. Enfriamiento

Después del tratamiento térmico aplicado a los productos envasados, se deben someter a enfriamiento, que debe ser lo más rápido posible para evitar deterioro en el producto debido a una sobre cocción o degradación de componentes sensibles a la temperatura que podría repercutir en el cambio de color del fruto o en el cambio de su textura, además se evita que se reproduzcan las bacterias termófilas.

El enfriamiento de los frascos se puede llevar a cabo rociando agua a los mismos. En algunas autoclaves automáticas, esta operación puede estar programada dentro del ciclo de esterilización-enfriamiento.

En el caso de productos envasados en frasco de vidrio, la fragilidad de este material al choque térmico no permite llevar a cabo el enfriamiento de manera abrupta, por lo que se debe hacer de manera paulatina rociando agua tibia e ir bajando la temperatura del agua conforme se va enfriando el frasco. Para ello se usan túneles con cortinas de agua que fluye a contracorriente respecto al avance de los frascos.

Existen túneles de pasteurización continua para envases de vidrio con cortinas de agua que incluyen tanto el paso de calentamiento como el enfriamiento.

xix. Etiquetado y empaçado

Para la distribución de los productos al consumidor se requiere que cuenten con una etiqueta con la información comercial basada en la normativa y regulaciones de etiquetado vigentes. Actualmente existe una gran diversidad en los materiales y métodos de impresión y aplicación de etiquetas al envase. Normalmente se recurre a materiales impresos previamente con engomado para su adhesión al envase y la información específica de codificación de cada producto como son fecha de elaboración o caducidad, lote de

producción, códigos de barras, etc., suele aplicarse mediante sistemas electrónicos de impresión a chorro de tinta que imprimen sobre la superficie del frasco o la etiqueta conforme pasa por un transportador que lo conduce hacia el área de empaclado.

Para la aplicación de etiquetas e impresión de códigos, es necesario que el envase esté seco. Para ello se pueden utilizar ventiladores o sopladores de aire que aceleran la evaporación del agua que moja al envase.

Los envases ya etiquetados son empacados normalmente en cajas de cartón para su fácil manejo, distribución e identificación. Las cajas pueden ser estibadas sobre tarimas para formar pallets que pueden ser manejados mediante carros montacargas. Los pallets suelen envolverse con película plástica (enplayarse) para protegerlos y facilitar su manejo tanto dentro del almacén como durante el transporte para su distribución.

xx. Almacenamiento

El diseño de la planta debe considerar un espacio para el almacenamiento del producto terminado para su posterior distribución. Se considera como una etapa del proceso ya que implica costos que se incluyen en el costo de producción. Cuando los productos requieren cadena de frío para su conservación, deberá considerar almacenes con sistemas de refrigeración para mantenerlos a la temperatura deseada. En el caso de los productos mencionados en este capítulo, los productos no requieren cadena de frío. Sin embargo el almacén debe ser siempre un lugar fresco, seco y sin entrada de luz o radiación solar. El tamaño del almacén se calcula en base al esquema de producción de la planta y al número de días de almacenamiento requerido (inventario de producto). Mientras más desarrollada se tenga la logística de distribución y venta, menores podrán ser los inventarios.

4.5.- DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS

En el diseño de las líneas de producción de una planta, resulta sumamente práctico su representación gráfica mediante un diagrama de flujo de procesos, ya que con él se pueden analizar con más detalle los equipos que constituyen las líneas, como se relacionan o interconectan entre sí y que servicios necesitan para su operación.

Las capacidades de los equipos se determinan en base al balance de materia y con ello se seleccionan los que mejor se adapten a la línea de producción.

La figura 4.16 es un diagrama de flujo con todas las líneas de producción a considerar en la planta de procesamiento de mango.

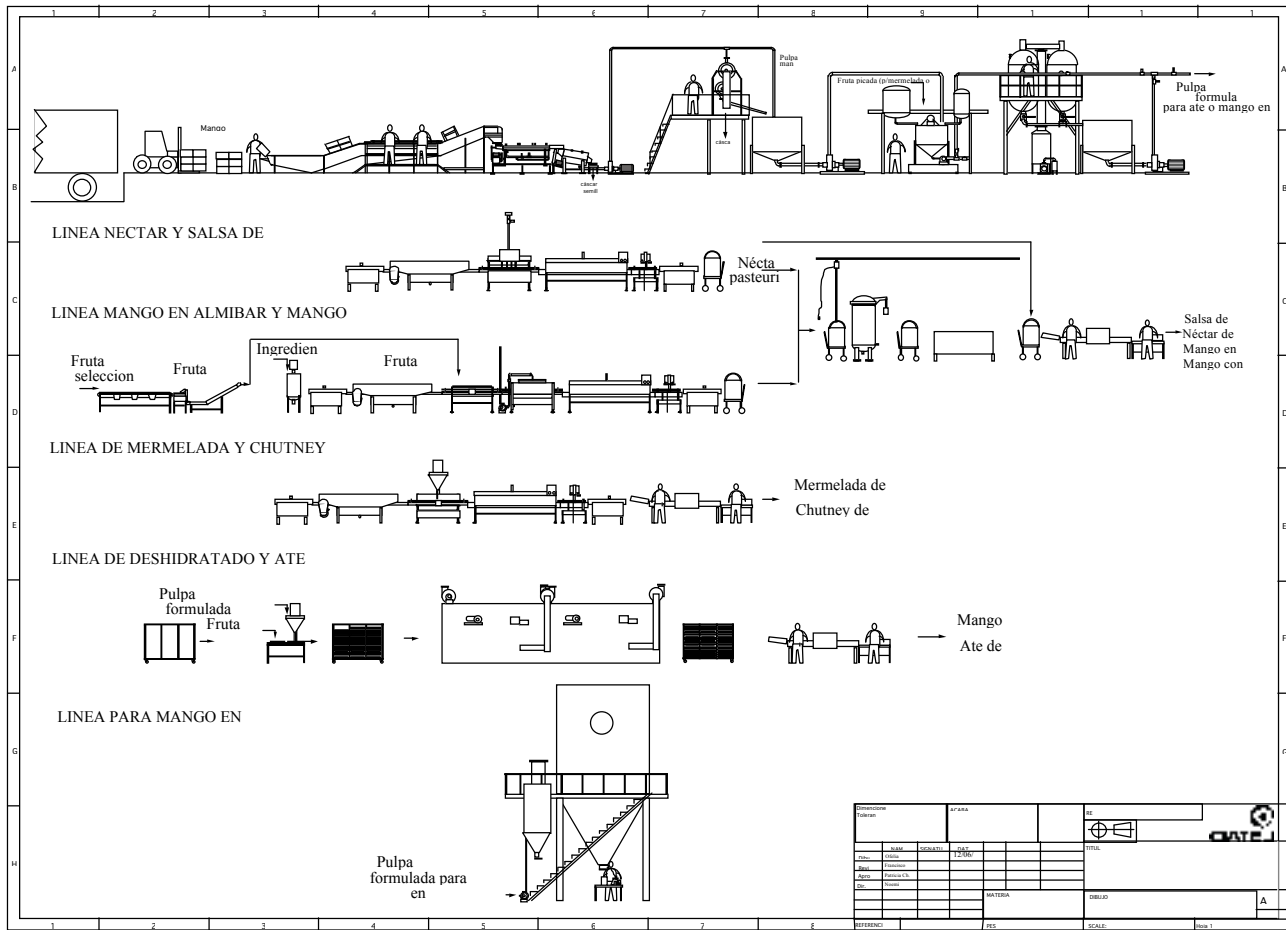


Fig. 4.16 Diagrama de flujo para el procesamiento de mango

4.6.- PLANO DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Una vez que fueron definidos y seleccionados los equipos para integrar las líneas de producción se hace un análisis de los espacios requeridos para su instalación y la manera en que se acomodarán para darle fluidez y continuidad al proceso, evitando el flujo cruzado de materiales que pudieran generar contaminación cruzada. Se deben definir también los niveles de sanidad requeridos en las áreas que integrarán la planta, de acuerdo al tipo de proceso que se llevará a cabo en cada una de ellas: área sucia o negra, aquella en la que se maneja la materia prima hasta ser lavada, área gris, aquella donde el riesgo de contaminar el producto es moderado y deberá diseñarse el espacio con los acabados adecuados para minimizar ese riesgo, y el área limpia o blanca, donde el producto se maneja expuesto al

4.- DISEÑO DE UNA PLANTA MULTIPROPÓSITO PARA EL PROCESAMIENTO DE MANGO

ambiente antes de ser envasado y existe alto riesgo de contaminación, por lo que el espacio debe estar debidamente acondicionado para mantener la máxima higiene tanto en el aire del ambiente como en todas las superficies para que sean fácilmente limpiables y se reduzca ese riesgo de contaminación.

En base a este análisis se diseñan los espacios requeridos para la planta, plasmándolo en un diagrama o plano de distribución en planta (lay-out), donde se dibujan los equipos con su vista en planta para ubicarlos adecuadamente, fig.4.17. Con esto se puede definir el tamaño de la nave y el tamaño del terreno requerido para la instalación de la planta, extendiendo el diseño no solamente a las áreas de proceso sino también a las áreas de personal como oficinas, baños, comedor, pasillo, andenes, patio de maniobras, jardines, etc.

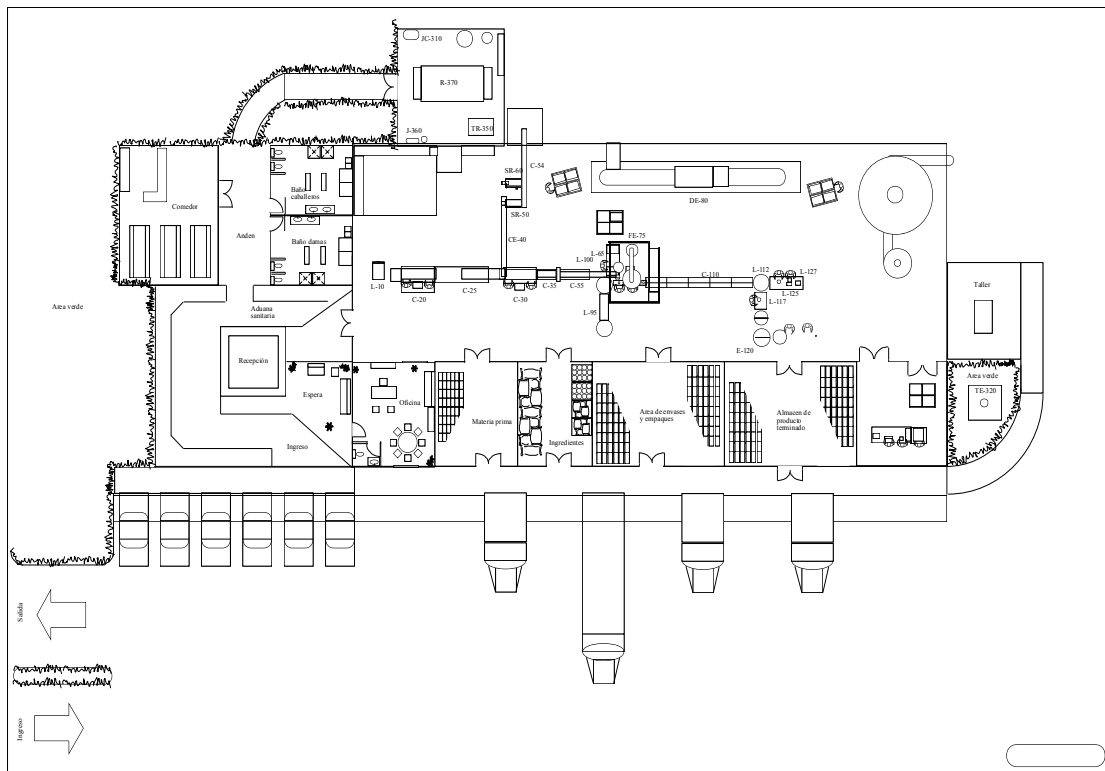


Fig.4.17 Plano de distribución en planta (lay-out)

4.- DISEÑO DE UNA PLANTA MULTIPROPÓSITO PARA EL PROCESAMIENTO DE MANGO

4.7.- EQUIPAMIENTO DE LA PLANTA

Los equipos seleccionados para la planta de acuerdo a la secuencia de los procesos especificada en el diagrama de flujo y sus capacidades requeridas determinadas por los balances de materia y energía, se plasman en una lista con las especificaciones generales que nos permiten indagar las alternativas que ofrezcan diversos proveedores comerciales o que generen las bases para su diseño y fabricación en caso de no existir equipo de línea específico para el requerimiento en particular. Normalmente en un listado de equipos se especifica el tipo de equipo en general, sus dimensiones o capacidad en las unidades comunes y las características especiales importantes de considerar, como el material de construcción, temperatura de operación, presión máxima de operación o potencia eléctrica. Es útil también en la especificación del equipo describir en forma concreta su aplicación o función específica dentro del proceso.

Estas especificaciones nos permitirán presupuestar cada uno de los equipos y generar la estimación del monto de inversión en equipamiento para la planta. El listado de los equipos nos permite también determinar la ponderación que tienen los equipos respecto de su costo y de sus características que los hagan considerarse como parte principal o crítica del proceso.

4.8.- REQUERIMIENTO PARA LA OPERACIÓN DE LA PLANTA

Para poder realizar un análisis de costos y evaluación económica del proyecto de instalación de la planta, es importante determinar los requerimientos de insumos para la operación de la planta. En la tabla 4.3 se indican los requerimientos de servicios y mano de obra para la operación de la planta, para cada producto en particular. Los servicios están

considerados por cada 100 kg de materia prima procesada,

Tabla No. 4.3 Requerimiento de servicios y mano de obra

PRODUCTOS DE MANGO	Capacidad kg(M.P.B)/día	Rendimiento %	No de obreros	Consumibles/100kg M.P.B.		
				Gas kg	Electricidad kw-h	Agua l
Deshidratado	7961	14	35	4.07	1.87	285
Ate	2250	88.9	10	5.81	3.03	300
Mermelada	2250	88.6	7	1.42	3.32	285
Chutney	2400	96.4	7	1.41	3.11	285
Almíbar	7000	99.3	36	2.33	3.13	285
con especias	7000	122.5	36	2.65	2.98	285
Salsa	4200	133.6	12	1.99	4.69	285
Néctar	2640	193.9	12	4.97	7.38	285
en polvo	5600	11.5	8	10.45	7.87	285

4.9.-BIBLIOGRAFÍA

Mata B. I y Mosqueda V. R.1995, La producción del mango en México, Noriega Editores, pp.135-147

Baltholomai A. 1991, Fabricas de alimentos, Ed. Acribia, pp.27-37

Becerra I. F y Marín P. L. H.,1975, Empaque e industrialización del mango, Comisión nacional de fruticultura, pp.83-105

Ibarz A. y Barbosa C. G.V. 2005, Operaciones Unitarias en la Ingeniería de Alimentos, Ed.

Mundi-Prensa, pp.25-34 y 89-91

Pérez M.F.J., 1992, Proyecto de desarrollo tecnológico y de factibilidad para la instalación de un planta industrializadota de tomate, pp.18-30

Couper J.R, Penney W.R, Fair J.R. y Walas S.M., 2005, Chemical Process Equipment, Second Edition, pp.17-30

Artés H. F. y Artés C. F., 2005, Concepción y ejecución de instalaciones industriales para el procesado mínimo, en: Nuevas Tecnología de Conservación, Ed. Gustavo A. y col, pp.541-554

González R.J. y col, 2005, Sanitizantes utilizados en: Nuevas Tecnología de Conservación, Ed. Gustavo A. y col, pp.263-264

Brennan J.G. y col.1998, Las operaciones de la ingeniería de los alimentos, Ed. Acribia, pp. 321-334